

TREBALL DE FINAL DE GRAU
GRAU EN ENGINYERIA ELÈCTRICA

Estudi d'una instal·lació d'autoconsum per a un edifici industrial.

MEMÒRIA

Autor: Jordi Ribas Cortés
Director del TFG: Álvaro Luna Alloza
Convocatòria: Juny de 2019



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Escola Superior d'Enginyeries Industrial,
Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa

SUMARI

1. INTRODUCCIÓ

1.1. Objecte.....	9
1.2. Abast.	9
1.3. Requeriments.	9
1.4. Justificació i utilitat.	10

2. DESENVOLUPAMENT

2.1. Antecedents i/o estat del art.	11
2.1.1. Condicions administratives, tècniques i econòmiques	11
2.1.2. El client.....	18
2.1.3. El proveïdor.....	19
2.1.3.1. Albasolar.....	19
2.1.3.1.1. Varietat de mòduls fotovoltaics	20
2.1.3.1.2. Varietat d'estructures.....	20
2.1.3.1.2.1. Estructures en triangle.	21
2.1.3.1.2.2. Estructures coplanar.	22
2.1.3.1.3. Varietat d'inversors.....	24
2.1.4. Ubicació.....	25
2.1.5. Irradiació solar a la zona	26
2.1.6. Software.....	27
2.1.6.1. Sysyem advisory system (sam)	27
2.1.6.2. Pvsyst.....	29
2.2. Plantejament i selecció d'alternatives.	30

3. DESENVOLUPAMENT DE LA SOLUCIÓ PROPOSADA

3.1. Dades tècniques.....	37
3.2. Estudi d'ombres.....	39
3.3. Instal·lació elèctrica.....	42
3.3.1. Part de corrent continua.	42
3.3.1.1. Secció dels conductors.	43
3.3.1.2. Sistemes de protecció.	46
3.3.2. Part de corrent alterna.	47
3.3.2.1. Càlcul de seccions.	48
3.3.2.2. Dimensionament de les proteccions.	53
3.3.3. Quadre de distribució	59
3.3.4. Conductors de protecció.....	60
3.4. Contracte de compensació d'excedents.....	60

4. RESULTATS

4.1. Tasques	63
4.2. Cost tècnic de redacció del projecte.....	65
4.3. Desglossament del pressupost d'execució.	66
4.4. Pressupostos.	69
4.5. Rendiment econòmic.	70
4.5.1. Finançament.	70
4.5.2. Flux econòmic.	75
4.6. Conclusions.	75

5. BIBLIOGRAFIA

77

6. AGRAIMENTS

79

7. ANNEXOS

81

SUMARI DE TAULES

Taula 1. Resum de mòduls fotovoltaics d'Albasolar.....	20
Taula 2. Estructures en triangle per a mòduls horitzontals.	21
Taula 3. Estructures en triangle per a mòduls verticals.	21
Taula 4. Estructures Coplanar amb mòduls de 60 cel·les junts pel lateral curt.....	22
Taula 5. Estructures coplanar amb mòduls de 72 cel·les junts pel lateral curt.	22
Taula 6. Estructures coplanar amb mòduls junts pel lateral llarg.	23
Taula 7. Inversors SMA del catàleg d'Albasolar.....	24
Taula 8. Valors Canadian 295P.....	30
Taula 9. Valors Canadian 335.	30
Taula 10. Valors Canadian 340.....	31
Taula 11. Valors REC 275.	31
Taula 12. Valors Peimar 310.	31
Taula 13. Valors Peimar 330.	31
Taula 14 . Dades tècniques STP15000TL.	32
Taula 15. Dades tècniques STP20000TL.	32
Taula 16. Dades tècniques STP-50.....	33
Taula 17. Previsions de potencia anual generada per a diferents combinacions de inversors i mòduls col·locats plans amb la teulada.	33
Taula 18. Previsions de potencia anual generada per a diferents combinacions de inversors i mòduls col·locats amb estructura en triangle.	34
Taula 19. Pressupost dels inversors en funció del nombre que es necessita de cada un.	34
Taula 20. Pressupost del les diferents combinacions de mòduls amb el STP 50.	35
Taula 21.Paràmetres tècnics del Peimar SG 330 P.	37
Taula 22. Dades tècniques d'entrada del STP-50.	38
Taula 23. Dades tècniques de sortida del STP-50.	38
Taula 24. Característiques tècniques del mòdul.	42
Taula 25. Característiques tècniques d'un string.....	42
Taula 26. Resum de característiques i ajustos del NSX160N.....	58
Taula 27. Resum de característiques i ajustos del NSX400N.....	58

Taula 28. Material per al quadre de distribució.....	59
Taula 29. Relació entre les seccions dels conductors de protecció i els de fase.....	60
Taula 30. Seccions mínimes dels conductors de protecció.....	60
Taula 31. Seccions i longituds dels conductors de protecció.....	60
Taula 32. Honoraris personals	65
Taula 33. Pressupost d'execució material. Capítol 1.....	66
Taula 34. Pressupost d'execució material. Capítol 2.....	67
Taula 35. Pressupost d'execució material. Capítol 3.....	68
Taula 36. Pressupost d'execució material.....	69
Taula 37. Pressupost per execució de contractació	69
Taula 38. Pressupost coneixement de propietat	69
Taula 39. Resum del pressupost de finançament	70
Taula 40. Desglossament de les quotes del primer any	71
Taula 41. Desglossament de les quotes del segon any	71
Taula 42. Desglossament de les quotes del tercer any	72
Taula 43. Desglossament de les quotes del quart any	72
Taula 44. Desglossament de les quotes del cinquè any.	73
Taula 45. Desglossament de les quotes del sisè any.....	73
Taula 46. Desglossament de les quotes del setè any	74
Taula 47. Desglossament de les quotes del vuitè any.....	74
Taula 48. Flux econòmic.	75

SUMARI DE FIGURES

Figura 1. Logotip de LM PLASTICS	18
Figura 2. Estructura en triangle.....	20
Figura 3. Estructura Coplanar.....	20
Figura 4. Nau de LM PLASTICS	25
Figura 5. Nau de LM PLASTICS	25
Figura 6. Pantalla de descarrega de l'arxiu TMY a la web del PVGIS.....	26
Figura 7. Irradiació horaria_mitjana(2006-2017).	28
Figura 8. Irradiació diària mitjana(2006-2017).	28
Figura 9. Irradiació mensual mitjana (2006-2017).	28
Figura 10. Corba VI del Canadian 295P.....	30
Figura 11. Corba VI del Canadian 335.	30
Figura 12. Corba VI del Canadian 340.	31
Figura 13. Corba VI del REC 275.	31
Figura 14. Corba VI Peimar 310.	31
Figura 15. Corba VI Peimar 330.	31
Figura 16. Corba d'eficiència STP15000TL.	32
Figura 17. Corba d'eficiència STP20000TL.....	32
Figura 18. Corba d'eficiència STP 50.....	33
Figura 20. Corba I-V en funció de la irradiància.	37
Figura 21. Corba I-V en funció de la temperatura.	37
Figura 22. Corba de rendiment del STP 50-40.	38
Figura 23. Estructures premuntades per a mòduls solars.	38
Figura 24. Triangle que simplifica el panell muntat en estructura.	40
Figura 25. Esquema de distàncies a calcular.	40
Figura 26. Esquema simplificat d'una entrada de l'inversor.	43
Figura 27. Esquema unifilar de les línies i proteccions de la instal·lació de CA.	47
Figura 28. Interruptor NSX160N	54
Figura 29. Paràmetres a regular del interruptor NSX160N.....	54

Figura 30. Interruptor NSX400N.	56
Figura 31. Paràmetres a regular del interruptor NSX400N.	56
Figura 32. Joc de barres aïllades Powerclip.....	59
Taula 31. Seccions i longituds dels conductors de protecció.....	64

1. INTRODUCCIÓ

1.1. OBJECTE

Dimensionar una instal·lació fotovoltaica d'autoconsum d'una nau industrial. Es proposarà la millor solució dintre de diferents alternatives que podem elegir dintre de la varietat que ens ofereix el nostre proveïdor.

1.2. ABAST

- Estudi de irradiància a la ubicació
- Estudi de necessitats del client
- Elecció dels panells
- Elecció de l'estructura
- Elecció de l'inversor
- Disposició dels panells
- Instal·lació elèctrica
- Pressupost
- Temps d'amortització

1.3. REQUERIMENTS

- El pressupost màxim que està disposat a invertir el client és de 200.000 €
- S'ha d'amortitzar la instal·lació en menys de 10 anys

1.4. JUSTIFICACIÓ Y UTILITAT

LM Plàstics és una empresa que treballa amb extrusores de plàstic. Tenen una necessitat elèctrica durant tots els dies de la setmana les 24 hores del dia, amb el que estalviarien molt en la factura elèctrica amb una instal·lació solar.

Tenen una teulada gran on incideix el sol sense ombres d'arbres o d'altres edificis, ideal per a una instal·lació fotovoltaica.

Per a tenir una amortització més ràpida es dimensionarà una instal·lació que cobreixi només les necessitats del client, sense emmagatzemar en bateries ni amb propòsit de vendre energia.

S'ha de determinar per la inclinació de la teulada, si surt a compte utilitzar una estructura que inclini els panells solars o si aniran directament fixats a la teulada amb el mateix angle d'aquesta.

Cal estudiar quina es la millor disposició de panells, quin tipus de panell escollir, la quantitat d'aquests i quants strings hi haurà, tenint en compte les dimensions dels panells, la potencia que poden generar i el preu.

Caldrà també estudiar quin model d'inversor seria l'adequat, o si es millor opció posar-ne més d'un. Hi ha molta varietat i cal elegir mitjançant la potencia, el preu i el nombre d'entrades.

L'elecció del model i nombre de panells i inversors es el factor més determinant en el pressupost i es on cal triar quina es la millor opció.

A partir de l'estalvi estimat en la factura d'electricitat es determinarà el temps d'amortització de la instal·lació.

2. DESENVOLUPAMENT

2.1 ANTECEDENTS I/O ESTAT DEL ART

2.1.1. CONDICIONS ADMINISTRATIVES, TÈCNIQUES I ECONÒMIQUES.

El 5 d'abril de 2019 es va aprovar el Reial Decret 244/2019. Aquest decret estableix les condicions administratives, tècniques i econòmiques d'autoconsum d'energia elèctrica definides en l'article 9 de la Llei 24/2013.

Les instal·lacions d'autoconsum hauran de pertànyer a una de les següents modalitats:

1. **Autoconsum sense excedents:** Són instal·lacions d'autoconsum connectades a la xarxa de distribució i que disposen d'un sistema d'anti-abocament que impedeix la injecció de l'energia elèctrica excedentària a la xarxa de distribució.
2. **Autoconsum amb excedents:** Aquestes instal·lacions a més de subministrar energia elèctrica per autoconsum, poden injectar l'energia excedentària a les xarxes de transport i distribució. Dintre d'aquest grup les instal·lacions amb excedents poden ser:

2.1. Autoconsum amb excedents **acollit a compensació:** El productor i consumidor opten per acollir-se al sistema de compensació d'excedents. El consumidor utilitza l'energia procedent de la instal·lació d'autoconsum, podent comprar energia de la xarxa en moments en què aquesta no sigui suficient. Quan no es consumeix la totalitat de l'energia generada per la instal·lació d'autoconsum, aquesta es pot injectar a la xarxa i en cada període de facturació, a la factura emesa per la comercialitzadora es veurà compensat el cost de l'energia comprada a la xarxa amb l'energia excedent valorada a preu mitjà del mercat horari (per a consumidors de PVPC) o al preu acordat amb la comercialitzadora, aplicant-se posteriorment els peatges e impostos que procedixin. El resultat no podrà ser mai negatiu.

És necessari que es compleixin totes les següents condicions:

- I. La font d'energia ha de ser d'origen renovable.
- II. La potència total de les instal·lacions de producció associades no pot ser superior a 100 kW.
- III. El consumidor ha de subscriure un únic contracte de subministrament per al consum associat i per als consums auxiliars amb una empresa comercialitzadora.
- IV. El consumidor i el productor associat han de subscriure un contracte de compensació d'excedents d'autoconsum definit en l'article 14 del real decret.
- V. La instal·lació de producció no ha d'estar subjecte a un règim retributiu addicional o específic.

2.2. Autoconsum amb excedents **no acollit a compensació**: Aquesta modalitat agrupa tots els autoconsums amb excedents que no compleixin els requisits per pertànyer a la modalitat anterior o no vulguin acollir-se a ella. En aquest cas els excedents es vendran directament en el mercat elèctric i rebrà el mateix tractament que la resta d'energia produïda per fonts renovables.

En aquesta modalitat el productor haurà de donar-se d'alta com a productor d'energies renovables i subscriurà un contracte de representació en el mercat. Haurà de complir amb les obligacions tècniques que s'imposen als productors d'energia renovables relatives a l'operació del sistema, telemesures, etc., i complir igualment amb les obligacions tributàries i fiscals que deriven d'aquesta activitat econòmica.

LM Plastics té pics de potència de fins a 150 kW. Es podria dissenyar una instal·lació de 150 kW en la qual els excedents s'injectin a la xarxa, però el client no està interessat a donar-se d'alta com a productor d'energia, ja que a no li interessa en l'àmbit fiscal..

De manera que l'objectiu serà una instal·lació d'autoconsum de 100 kW, potencia que cobrirà gran part de la demanda, i hi haurà un contracte de compensació d'excedents.

Hi ha 17 passos a seguir davant les diferents administracions i amb la companyia distribuïdora. A continuació es descriuen amb detall cada una de les etapes de tramitació administrativa que cal complir per autoritzar i posar en marxa una instal·lació d'autoconsum amb excedents.

1. Disseny de la instal·lació.

Si la potència prevista és superior a 10kW, encara que la connexió es realitzi en baixa tensió serà obligat realitzar un projecte tècnic redactat i firmat per un tècnic titulat competent. Al treballar en baixa tensió, caldrà tenir en compte els continguts del ITC-BT-04 del “Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión” (REBT).

2. Permisos d'accés i connexió i avals o garanties.

Les instal·lacions de potència superior a 15 kW e inferior a 100 kW en qualsevol circumstància, hauran de seguir el procediment regulat en el Reial Decret 1699/2011.

3.Llicència d'obres e impost de construccions i obres (ICIO).

Les instal·lacions d'autoconsum hauran de sol·licitar el permís d'obres segons la normativa municipal vigent en l'a ubicació escollida.

En funció de la potència de la instal·lació de generació, la normativa municipal definirà si és suficient amb realitzar una declaració responsable d'obra i/o una comunicació prèvia d'obra.

4.Autoritzacions ambientals i d'utilitat pública.

Les instal·lacions d'autoconsum amb excedents i amb potència menor de 100 kW no haurien de requerir tràmits d'impacte ambiental ni d'utilitat pública, excepte en els casos en que d'ubicació es trobi sota alguna figura de protecció.

5.Autorització administrativa prèvia i de construcció.

Les instal·lacions d'autoconsum amb excedents i amb potència menor de 100 kW i connectades directament a una xarxa de tensió menor d'1 kV, és a dir en baixa tensió, queden excloses del règim d'autorització administrativa prèvia i de construcció.

6.Excecució de les instal·lacions

Les instal·lacions d'autoconsum amb excedents i amb potència menor de 100 kW i connectades en baixa tensió s'executaran d'acord amb el REBT. En quan a les configuracions de mesura per a les instal·lacions d'autoconsum amb excedents, s'haurà de tenir en compte els requeriments de mesura i gestió de l'energia, recollits a la norma específica.

7. Certificats d'instal·lació i/o certificats de fi d'obra.

Un cop realitzada la instal·lació, la certificació del final d'obra es realitza mitjançant la presentació davant l'organisme corresponent de la comunitat autònoma del certificat d'instal·lació. Aquest certificat ha d'estar omplert i firmat per l'instal·lador electricista categoria especialista tal i com es contempla a la ITC-BT-03 del REBT i segons el procediment de la comunitat autònoma.

En cas que la connexió estigui realitzada en BT però la seva potencia sigui superior a 10 kW, també serà necessari disposar del certificat de final d'obra firmat per el tècnic competent que certifiqui que s'ha realitzat la instal·lació d'acord amb el projecte tècnic de la instal·lació, tal com s'indica a la ITC-BT-04.

8. Inspecció inicial e inspeccions periòdiques.

No és necessària cap mena d'inspecció inicial per part d'un Organisme de Control Autoritzat (OCA) per a instal·lacions connectades en BT i amb una potència menor o igual a 100 kW.

Pel que fa a les periòdiques, és necessari fer inspeccions cada 5 anys si la instal·lació és en baixa tensió.

9. Autorització d'exploració.

En general es tracta d'un tràmit autonòmic, excepte quan la instal·lació afecti l'àmbit territorial de més d'una comunitat autònoma.

10. Contracte d'accés per a la instal·lació d'autoconsum.

Per a les instal·lacions d'autoconsum amb excedents a través de xarxa interior, no és necessari subscriure un contracte específic d'accés i connexió amb la companyia distribuïdora, excepte si resultés necessari realitzar un contracte de subministrament per a serveis auxiliars de producció.

11. Contracte de subministrament d'energia per a serveis auxiliars.

Si els serveis auxiliars es consideren menyspreables, no és necessari cap contracte de subministrament específic per al consum d'aquests serveis. Per a això serà necessari que es compleixin les següents condicions:

- i. Instal·lacions pròximes en xarxa interior.
- ii. Potencia de la instal·lació menor a 100 kW.
- iii. L'energia anual consumida per aquests serveis auxiliars serà inferior a l'1% de l'energia neta generada per la instal·lació.

12.Llicència d'activitat.

Les instal·lacions d'autoconsum amb excedents acollides a compensació no realitzen activitat econòmica, amb el que aquest tràmit no seria necessari.

13.Contracte de compensació d'excedents.

En el cas d'instal·lacions d'autoconsum amb excedents acollides a compensació, s'haurà de subscriure un contracte de compensació d'excedents entre el productor i el consumidor associat per a la compensació simplificada entre els dèficits dels seus consums i la totalitat d'excedents de les seves instal·lacions de generació associades. Aquest contracte serà necessari en tots els casos, encara que productor i consumidor siguin la mateixa persona. Per a l'aplicació del mecanisme de compensació, cada consumidor haurà de remetre a l'empresa distribuïdora un escrit sol·licitant l'aplicació del sistema de compensació.

14.Inscripció en el registre autonòmic d'autoconsum

Els titulars d'instal·lacions d'autoconsum amb excedents i potència menor o igual a 100kW i connectades en BT es troben exempts de realitzar el tràmit d'inscripció. Les comunitats autònomes realitzaran d'ofici la inscripció d'aquestes instal·lacions en els seus registres autonòmics a partir de la informació que rebin en l'aplicació del REBT.

15. Inscripció en el Registre Administratiu d'Autoconsum d'Energia Elèctrica.

Totes les instal·lacions d'autoconsum amb excedents han d'estar inscrites en el registre administratiu d'autoconsum d'energia elèctrica, aquest pas no suposa cap càrrega administrativa addicional per als consumidors, ja que és un procediment entre administracions. El ministeri nodrirà el seu registre administratiu a partir de la informació remesa per les comunitats autònomes. El registre és telemàtic, d'accés gratuït i declaratiu.

16. Inscripció en el registre administratiu d'instal·lacions productores d'energia elèctrica (RAIPRE).

Els titulars d'instal·lacions d'autoconsum amb excedents i potència menor o igual a 100kW i connectades en BT es troben exempts de realitzar la inscripció al RAIPRE. Serà la Direcció General de Política Energètica i Mines del ministeri competent en matèria d'energia que realitzi la inscripció a partir de la informació procedent del registre administratiu d'autoconsum.

17. Contracte de venda d'energia.

Només és necessari aquest tràmit en cas d'una d'instal·lacions d'autoconsum amb excedents que no estigui acollida a compensació.

A l'annex I Mecanisme de compensació simplificada trobem més informació sobre el contracte de compensació d'excedents

El contracte de compensació d'excedents es firma entre el productor i el consumidor associat (amb modalitat d'autoconsum amb excedents a collida a compensació). En ell s'estableix el mecanisme de compensació simplificada entre els dèficits de consums i la totalitat dels excedents de les seves instal·lacions de generació associades. Es a dir, es determinen les condicions econòmiques i tècniques en que es realitzarà el repartiment de l'energia produïda per la instal·lació entre els associats. Aquesta modalitat de contracte queda exclosa del sistema d'ofertes.

En cas de no comunicar-se cap acord, s'utilitzarà el criteri de repartiment establert en l'annex II del RD 244/2019 de 5 de abril.

Per a cada consumidor associat a la instal·lació d'autoconsum es calcularà l'energia horària neta individualitzada com:

$$ENG_{h,i} = \beta_i * ENG_h$$

On:

ENG_h = energia horària neta total produïda per la instal·lació.

β_i = coeficient de repartiment de l'energia generada pel consumidor "i".

Aquest coeficient és el que s'ha de figurar en el acord de repartiment entre els consumidors i haurà de complir les següents limitacions:

- i. Ha de ser constant per a cada consumidor a totes les hores del període de facturació (mes).
- ii. La suma de les β_i de tots els consumidors associats a la mateixa instal·lació d'autoconsum ha de ser 1.
- iii. Es prendrà el valor 1 quan existeixi un únic consumidor associat.

Per al càlcul de les β_i , es podrà utilitzar qualsevol criteri acordat entre els consumidors associats. La fórmula proposada per l'annex II del RD 244/2019 és:

$$\beta_i = \frac{\text{Potencia màxima contractada (consumidor 1)}}{\sum \text{Potències màximes contractades per tots els consumidors}}$$

Aquesta fórmula s'aplicarà si no es comunica un altre acord entre els consumidors associats.

Una altra opció més viable és el mecanisme de compensació simplificada.

El mecanisme de compensació simplificada consistirà en un saldo en termes econòmics de l'energia consumida en el període de facturació.

L'energia procedent de la instal·lació de producció en autoconsum que no es consumeix és un excedent que s'injecta a la xarxa. Aquesta energia, al final de període de

facturació es valora a un cert preu, i aquest import es resta del de l'energia adquirida de la xarxa, de la següent manera:

- Si el consumidor té un contracte de subministrament amb una comercialitzadora lliure:
 - a. L'energia horària consumida a la xarxa serà valorada al preu horari que figuri en el contracte de subministrament acordat amb la comercialitzadora.
 - b. L'energia horària excedentària serà valorada al preu horari acordat entre la comercialitzadora i el consumidor.

- Si el consumidor té un contracte de subministrament al preu voluntari per al petit consumidor amb una comercialitzadora de referència:
 - a. L'energia horària consumida a la xarxa serà valorada al cost horari d'energia del preu voluntari per al petit consumidor (PVPC) en cada hora.
 - b. L'energia horària excedentària serà valorada al preu mig horari (Pmh) que s'obté a partir dels resultats del mercat diari e intradiari en cada hora, restant el cost dels desviaments (CDSVh) en aquella hora.

Cal tenir en compte les següents limitacions del mecanisme de compensació simplificada:

- El valor econòmic de l'energia horària excedentària mai podrà ser superior al valor econòmic de l'energia horària consumida de la xarxa en el període de facturació.
- La compensació sempre es realitzarà dintre del període de compensació d'un mes.
- Si els consumidors i productors associats opten per acollir-se a aquest mecanisme de compensació, el productor no podrà participar en un altre mecanisme de venda d'energia.
- L'energia horària excedentària dels consumidors aollits al mecanisme de compensació simplificada no tindrà consideració d'energia incorporada al sistema elèctric, i en conseqüència estarà exempta de satisfer els peatges d'accés establerts en el Reial Decret 1544/2011, de 31 d'octubre.
- Per l'aplicació del mecanisme de compensació simplificada, els consumidors aollits al mecanisme hauran de remetre directament a l'empresa distribuïdora el mateix contracte, o en cas d'acord de compensació, sol·licitant l'aplicació d'aquest.

2.1.2. EL CLIENT

LM PLASTICS va ser fundada a Terrassa, en els seus primers anys de vida es va especialitzar en la fabricació pel mètode per injecció de plàstics en peces tècniques, adquirint una gran experiència en el seu sector.

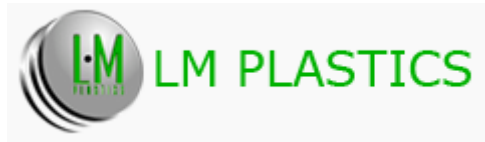


Figura 1. Logotip de LM PLASTICS

Degut al seu creixement al llarg dels anys, LM PLASTICS es va traslladar a les seves instal·lacions actuals, on es proveeix de la millor maquinaria i tecnologia per a la fabricació de peces per injecció.

Després de 10 anys ampliant les instal·lacions per a poder satisfer la demanda i operativa dels seus clients, actualment aposten per els avanços tecnològics en millora constant dels processos de producció.

En el seu procés de millora volen aprofitar la seva forta demanda de subministrament elèctric per sumar-se a iniciatives que siguin favorables amb el medi ambient. Tenint en compte la gran superfície de la teulada de la nau on estan situats l'opció més lògica és plantejar-se una instal·lació fotovoltaica.

Actualment LM Plastics té uns pics de consum de la magnitud de 150 kW, degut als avantatges administratius i fiscals que s'han vist en el punt anterior es farà un estudi sobre una instal·lació d'autoconsum amb excedents acollida a compensació a la ubicació del nostre client.

2.1.3. PROVEÏDORS

Treballarem amb tres diferents proveïdors, Elektra ens facilitarà el cablejat de la instal·lació de corrent alterna, per a les proteccions diferencials i automàtiques comptarem amb Schneider.

El proveïdor que ens subministrarà tot el material de corrent contínua és Albasolar, d'on obtindrem els mòduls fotovoltaics, els inversors i les estructures.

2.1.3.1. ALBASOLAR

Albasolar té 25 anys d'experiència en el sector de distribució de material fotovoltaic a instal·ladors. Degut a la magnitud de la nostra instal·lació tindrem una rebaixa del 40% sobre el preu del seu catàleg en tots els productes.

Al catàleg d'Albasolar trobem, a part de característiques tècniques, el preu de venda al públic per unitat, cosa que agilitza el procés de selecció, ja que no cal demanar un pressupost personal i podem configurar la instal·lació amb el seu preu directament.

Dels productes que apareixen en el seu catàleg cal escollir entre la seva varietat un model de mòdul fotovoltaic, un model d'inversor, i un model d'estructura per subjectar els mòduls.

La combinació d'aquests tres elements és clau a l'hora de dissenyar la instal·lació d'autoconsum, ja que d'ells depèn la potència de generació de la instal·lació i un percentatge bastant elevat del pressupost.

2.1.3.1.1. VARIETAT DE MÒDULS FOTOVOLTAICS

Pel que fa a l'hora de elegir quin model de panell solar ens interessa, s'ha de tenir en compte diferents variants. En el catàleg d'Albasolar els separen en dos grups en funció de si el panell te 60 o 72 cel·les. A primera vista la diferencia principal entre els dos grups són les dimensions dels panells. Els panells de 60 cel·les solen mesurar prop de 1,7 x 1 metres , mentre que els panells de 72 cel·les tenen unes dimensions de 2 x 1 metres.

A part de les dimensions també és un factor clau a l'hora d'escollir és la potència elèctrica que pot generar el panell.

MARCA	POTÈNCIA [W]	Vmax [V]	I _{max} [A]	Nº CÉLULAS	TIPO	ALTO [mm]	ANCHO [mm]	PROFUNDO [mm]	PVP 1 Ud	PVP 26 Ud
Munchen 270	270	37,54	9,14	60	Poly	1640	990	40	169	160
REC 275 PE	275	38,7	9,25	60	Poly	1665	991	38	171	158
Peimar 280 P	280	37,3	9,7	60	Poly	1640	992	40	171	153
Canadian 290	290	38,9	9,49	60	Poly	1675	992	40	180	166
Peimar 300 M	300	40,2	9,71	60	Mono	1640	992	40	205	190
Peimar 310 M	310	40,7	9,8	60	Poly	1640	992	40	212	196
Munchen 330	330	45,49	9,18	72	Poly	1956	992	40	200	189
Axitec 330	330	45,83	9,27	72	Poly	1956	992	40	221	209
Peimar 330 P	330	45	10,09	72	Poly	1957	992	40	191	176
Canadian 335	335	45	9,78	72	Poly	1960	992	35	224	210
Canadian 340	340	45,9	9,62	72	Poly	2000	992	40	227	213
Peimar 360 M	360	46,6	10,09	72	Mono	1957	992	40	241	225

Taula 1. Resum de mòduls fotovoltaics d'Albasolar.

2.1.3.1.2. VARIETAT D' ESTRUCTURES

Pel que fa a les estructures per subjectar els panells a la teulada, hi ha dues solucions. Estructures en triangle, que inclinen el panell a l'angle que nosaltres configurem, o estructures planes que són paral·leles a la teulada i copien el seu angle de inclinació.



Figura 2. Estructura en triangle



Figura 3. Estructura Coplanar

Les estructures estan fetes d'alumini estructural d'aliatge 6005A amb tractament tèrmic T6. Els cargols són d'acer inoxidable A2-70. Segueixen les normatives UNE-EN1991-1-3:2004 i la -EN1991-1-4:2007. Suporten una càrrega de neu de 200N/m² i una velocitat del vent de 27m/s.

Totes les estructures són valides per mòduls de 35 a 50 mm de gruix.

2.1.3.1.2.1. ESTRUCTURES EN TRIANGLE.

Aquestes estructures estan pensades per a terres o teulades sense inclinació, tot i que poden instal·lar-se en teulades inclinades. La inclinació que ve configurada de sèrie és de 15° o 30°. Si es desitja un altre angle d'inclinació cal demanar-lo expressament i te un sobre cost del 10%.

Aquestes estructures estan formades per un triangle premuntat que es subjecta directament a la teulada. Els mòduls es fixen un cop instal·lada l'estructura mitjançant cargols.

Hi ha dos tipus d'estructures en triangle, per posar els panells en vertical o en horitzontal, després tenim variació de preu en funció de quants mòduls van junts per estructura.

A continuació podem veure els preus que apareixen en el catàleg d'Albasolar:

	60 CEL·LES		72 CEL·LES	
	Ref	PVP	Ref	PVP
1 MÒDUL	E-01-301	112	E-01-401	119
2 MÒDULS	E-01-302	178	E-01-402	196
3 MÒDULS	E-01-303	233	E-01-403	261
4 MÒDULS	E-01-304	304	E-01-404	360
5 MÒDULS	E-01-305	365	E-01-405	430
6 MÒDULS	E-01-306	416	E-01-406	486
7 MÒDULS	E-01-307	481	E-01-407	557
8 MÒDULS	E-01-308	545	E-01-408	629
9 MÒDULS	E-01-309	595	E-01-409	706
10 MÒDULS	E-01-310	656	E-01-410	781

Taula 2. Estructures en triangle per a mòduls horitzontals.

	60 CEL·LES		72 CEL·LES	
	Ref	PVP	Ref	PVP
1 MÒDUL	E-01-001	108	E-01-101	128
2 MÒDULS	E-01-002	135	E-01-102	157
3 MÒDULS	E-01-003	190	E-01-103	223
4 MÒDULS	E-01-004	219	E-01-104	253
5 MÒDULS	E-01-005	285	E-01-105	322
6 MÒDULS	E-01-006	326	E-01-106	381
7 MÒDULS	E-01-007	356	E-01-107	414
8 MÒDULS	E-01-008	405	E-01-108	474
9 MÒDULS	E-01-009	465	E-01-109	544
10 MÒDULS	E-01-010	493	E-01-110	608
11 MÒDULS	E-01-011	544	E-01-111	635
12 MÒDULS	E-01-012	566	E-01-112	692
13 MÒDULS	E-01-013	621	E-01-113	760
14 MÒDULS	E-01-014	672	E-01-114	784
15 MÒDULS	E-01-015	727	E-01-115	852
16 MÒDULS	E-01-016	751	E-01-116	919
17 MÒDULS	E-01-017	801	E-01-117	984
18 MÒDULS	E-01-018	834	E-01-118	1011
19 MÒDULS	E-01-019	885	E-01-119	1076
20 MÒDULS	E-01-020	934	E-01-120	1101

Taula 3. Estructures en triangle per a mòduls verticals.

2.1.3.2.1.2. ESTRUCTURES COPLANAR.

Aquestes estructures estan pensades per a teulades ja inclinades, de manera que la inclinació del mòdul serà del mateix angle que tingui la teulada. L'avantatge d'aquest muntatge, és que no hi ha ombres entre els mateixos mòduls.

La estructura tracta de dues guies enganxades a la teulada, on aniran enganxats els mòduls a partir de tres possibles mecanismes.

	MODEL 1		MODEL 2		MODEL 3	
	Ref	PVP	Ref	PVP	Ref	PVP
1 MÒDUL	E-02-301	68	E-02-401	79	E-02-501	107
2 MÒDULS	E-02-302	110	E-02-402	123	E-02-502	149
3 MÒDULS	E-02-303	160	E-02-403	179	E-02-503	219
4 MÒDULS	E-02-304	203	E-02-404	225	E-02-504	262
5 MÒDULS	E-02-305	244	E-02-405	271	E-02-505	323
6 MÒDULS	E-02-306	285	E-02-406	308	E-02-506	380
7 MÒDULS	E-02-307	329	E-02-407	351	E-02-507	423
8 MÒDULS	E-02-308	375	E-02-408	402	E-02-508	489
9 MÒDULS	E-02-309	423	E-02-409	455	E-02-509	555
10 MÒDULS	E-02-310	458	E-02-410	443	E-02-510	590

Taula 4. Estructures Coplanar amb mòduls de 60 cel·les junts pel lateral curt.

Hi ha dos tipus d'estructures coplanar, les que uneixen els mòduls pel seu costat llarg i les que els uneixen pel costat curt. Les que uneixen pel costat llarg serveixen indiferentment per a mòduls de 60 i 72 cel·les, mentre que a les que uneixen pel lateral curt es divideixen en dos grups.

A continuació es pot veure el preu i la varietat d'estructures del catàleg d'Albasolar.

	MODEL 1		MODEL 2		MODEL 3	
	Ref	PVP	Ref	PVP	Ref	PVP
1 MÒDUL	E-02-601	74	E-02-701	86	E-02-801	11
2 MÒDULS	E-02-602	132	E-02-702	152	E-02-802	191
3 MÒDULS	E-02-603	190	E-02-703	216	E-02-803	268
4 MÒDULS	E-02-604	249	E-02-704	276	E-02-804	326
5 MÒDULS	E-02-605	298	E-02-705	332	E-02-805	396
6 MÒDULS	E-02-606	343	E-02-706	370	E-02-806	456
7 MÒDULS	E-02-607	395	E-02-707	422	E-02-807	508
8 MÒDULS	E-02-608	456	E-02-708	488	E-02-808	589
9 MÒDULS	E-02-609	514	E-02-709	551	E-02-809	665
10 MÒDULS	E-02-610	562	E-02-710	532	E-02-810	713

Taula 5. Estructures coplanar amb mòduls de 72 cel·les junts pel lateral curt.

	MODEL 1		MODEL 2		MODEL 3	
	Ref	PVP	Ref	PVP	Ref	PVP
1 MÒDUL	E-02-001	51	E-02-101	64	E-02-201	90
2 MÒDULS	E-02-002	71	E-02-102	87	E-02-202	111
3 MÒDULS	E-02-003	102	E-02-103	121	E-02-203	143
4 MÒDULS	E-02-004	127	E-02-104	154	E-02-204	188
5 MÒDULS	E-02-005	159	E-02-105	194	E-02-205	240
6 MÒDULS	E-02-006	175	E-02-106	206	E-02-206	253
7 MÒDULS	E-02-007	204	E-02-107	237	E-02-207	283
8 MÒDULS	E-02-008	230	E-02-108	270	E-02-208	329
9 MÒDULS	E-02-009	256	E-02-109	297	E-02-209	356
10 MÒDULS	E-02-010	282	E-02-110	334	E-02-210	401
11 MÒDULS	E-02-011	307	E-02-111	360	E-02-211	428
12 MÒDULS	E-02-012	334	E-02-112	390	E-02-212	474
13 MÒDULS	E-02-013	359	E-02-113	419	E-02-213	500
14 MÒDULS	E-02-014	386	E-02-114	452	E-02-214	546
15 MÒDULS	E-02-015	412	E-02-115	488	E-02-215	573
16 MÒDULS	E-02-016	444	E-02-116	518	E-02-216	625
17 MÒDULS	E-02-017	469	E-02-117	551	E-02-217	651
18 MÒDULS	E-02-018	498	E-02-118	581	E-02-218	700
19 MÒDULS	E-02-019	525	E-02-119	610	E-02-219	386
20 MÒDULS	E-02-020	546	E-02-120	580	E-02-220	748

Taula 6. Estructures coplanar amb mòduls junts pel lateral llarg.

Les taules que ajunten els mòduls pel costat curt, ajunten un màxim de deu mòduls, mentre que les que s'uneixen pel costat llarg, ho fan amb un màxim de vint. Aquestes quantitats coincideixen amb la quantitat de mòduls que hi cabrien, en les dues disposicions, sobre la teulada de LM Plastics.

2.1.3.1.3. VARIETAT D'INVERSORS

De la gama d'inversors que trobem al catàleg d'Albasolar, elegim els de la marca SMA (Solar Technology AG). La marca alemanya compta amb més de 30 anys d'experiència i és una de les marques de més qualitat i rendibilitat del mercat.

A l'hora d'elegir un inversor, no només cal fixar-se en el preu i amb la potència del model, sinó també en la seva tensió d'entrada, en funció d'aquesta obtindrem el nombre de mòduls que podem connectar en sèrie.

A continuació es pot veure el preu i la varietat d'inversors SMA trifàsics del catàleg d'Albasolar. També hi ha varietat d'inversors monofàsics o per connexió amb bateries, però no ens interessen per a la nostra instal·lació, ja que serà trifàsica i de connexió a la xarxa, sense bateries.

PRODUCTE	P Nom [kW]	Vin [V]	DESCRIPCIÓ	PVP
STP3 -40	3	125-850	2MPPT	1653
STP4 -40	4	125-850	2MPPT	1780
STP5 -40	5	125-850	2MPPT	1896
STP6 -40	6	125-850	2MPPT	2120
STP8 -40	8	125-850	2MPPT	2543
STP10 -40	10	125-850	2MPPT	2859
STP15000TL-30	15	150-1000	2MPPT	3883
STP20000TL-30	20	150-1000	2MPPT	4179
STP25000TL-30	25	150-1000	2MPPT	4223
STP 50 kW CORE1	50	150-1000	6MPPT	7996
STP 60 - 10	60	Vmax 1000V		6399
SHP75-10	75			7374
SHP 150 - 20	150	600Vac/1500Vdc		12279

Taula 7. Inversors SMA del catàleg d'Albasolar.

2.1.4. UBICACIÓ

El nostre client es troba situada en una zona industrial de la localitat de Sant Vicenç de Castellet. La nau tot i trobar-se rodejada d'arbres, cap d'aquests és prou alt com per fer ombra a la teulada. Tampoc hi ha edificis propers que puguin tapar la teulada, així que aquesta es un lloc ideal, des de el punt de vista que no hi ha cap ombra, per fer una instal·lació fotovoltaica.

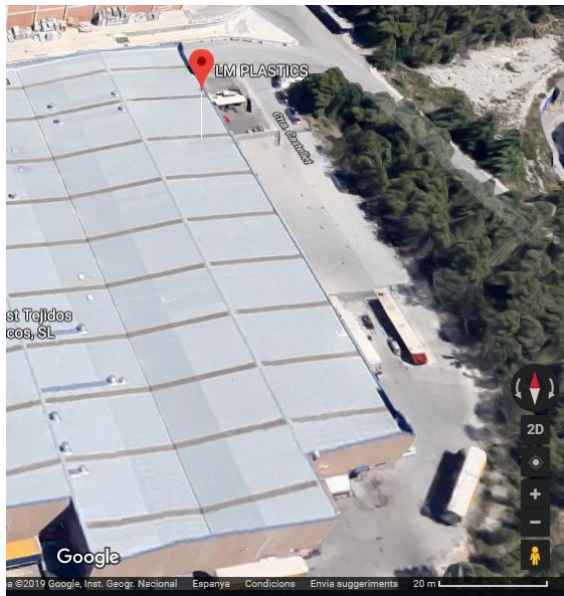


Figura 4. Nau de LM PLASTICS

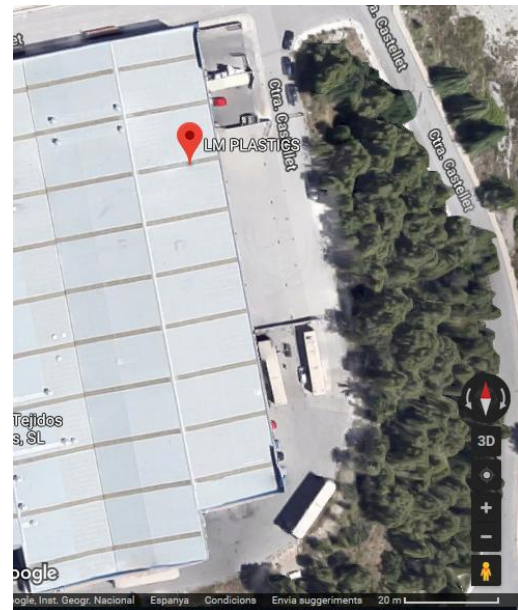


Figura 5. Nau de LM PLASTICS

Aquesta teulada és de dues aigües amb una cara mirant al nord-est i l'altre al sud-oest, la inclinació és molt petita de $5,3^\circ$.

Si col·loquéssim els mòduls plans amb la teulada, tindrien un azimuth de 79° per la cara nord-est, i un azimuth de 259° per la sud-oest. La inclinació seria la mateixa que té la teulada, $5,3^\circ$. Uns valors que no són els ideals, però que compten amb l'avantatge de que no hi haurà cap tipus d'ombra, ja que els panells no es faran ombra entre ells.

En el cas d'utilitzar una estructura en triangle, es col·locarien de manera que l'azimut sigui de 180° , i l'angle és de 37° . Que son les inclinacions òptimes calculades en la nostra ubicació per PVGIS.

2.1.5. IRRADIACIÓ SOLAR A LA ZONA

Es poden obtenir dades de la irradiació solar en la ubicació de l'empresa a la pàgina web oficial del Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS).

Per poder tractar aquestes dades amb el software mencionat en el següent punt, ens descarregarem un arxiu "TMY" en format "EPW".

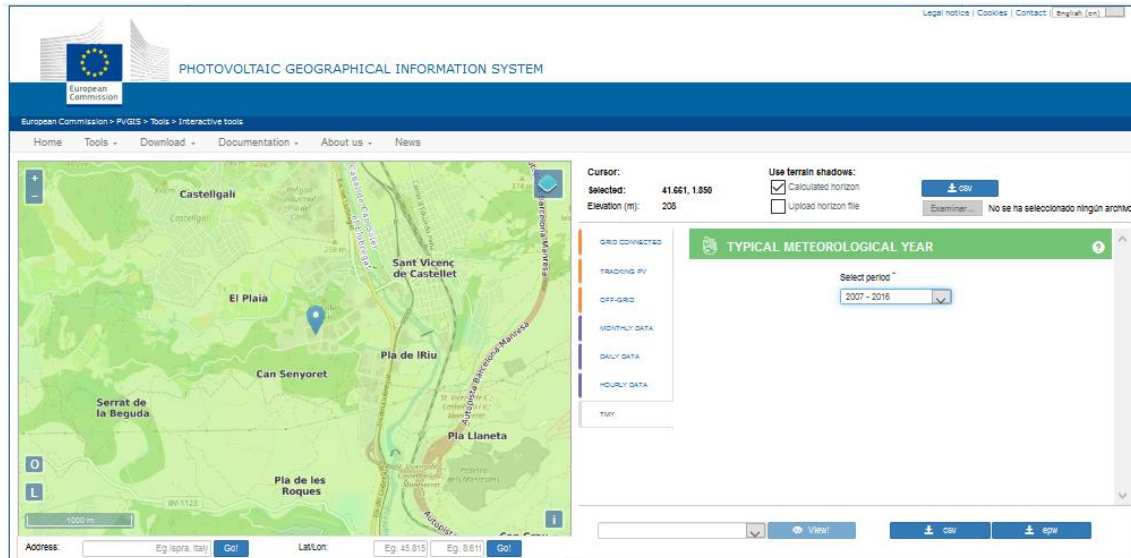


Figura 6. Pantalla de descàrrega de l'arxiu TMY a la web del PVGIS.

Com es mostra a la imatge anterior cal buscar en el mapa, ja sigui clicant sobre la ubicació o introduint les coordenades, la localització de l'edifici sobre el què volem treballar. Tot seguit es selecciona el període de temps que més conveni, en el nostre cas s'ha escollit el període més recent. Per acabar només cal clicar a epw i començarà la descàrrega de l'arxiu.

Un arxiu TMY (Typical Meteorological year) es un recull de dades meteorològiques de cada hora de l'any per a una localització geogràfica. Recull dades d'un període de temps llarg, normalment de 10 anys. Les dades es calculen mitjançant satèl·lits i segueixen la norma ISO 15927-4.

Al descarregar dades meteorològiques a la web del "PVGIS", aquestes inclouen dades d'irradiància solar, que són les necessàries per a la nostra instal·lació.

2.1.6. SOFTWARE

Per a agilitzar els càlculs de producció d'energia en funció de diferents factors es farà ús de softwares especialitzats en la matèria. S'utilitzaran dos softwares diferents per així poder contrastar els resultats. Un d'ells és el System Advisory System (SAM), i l'altre és el PVsyst.

2.1.6.1. SYSYEM ADVISORY SYSTEM (SAM)

Per a tractar les dades d'irradiància descarregades utilitzarem un software gratuït anomenat System Advisory System o per les seves sigles "SAM". Està creat pel NREL (National Renewable Energy Laboratory) que és el laboratori nacional del departament d'energia dels Estats Units . SAM és un model tecno-econòmic dissenyat per facilitar decisions a gent involucrada en la indústria de les energies renovables. Gràcies a la facilitat que ofereix per tractar dades climatològiques com de càlcul de generació d'energia, a més de ser gratuït, ha fet que ens decidíssim a utilitzar aquest software per a agilitzar els càlculs.

Com és un programa Nord-americà no ens interessa la part econòmica, ja que a part d'estar en dòlars , calcula mitjançant paràmetres diferents dels d'Espanya. Tot i així pot ser una bona orientació del preu que rondarà la instal·lació.

El que si ens interessa és la facilitat de calcular la capacitat de producció d'una planta fotovoltaica en funció dels seus paràmetres. A més podem calcular amb models específics de panells solars i inversors, modificant algun paràmetre tècnic d'aquests si fes falta.

Descarregant un arxiu TMY per a la nostra localització de la web de PVGIS, com s'ha explicat en el punt anterior, podem treballar amb la irradiància a la localització geogràfica de LM PLASTICS.

Amb SAM també podem veure les dades del TMY d'una manera més visual, en les següents gràfiques podem observar la irradiància mitjana de cada hora, cada dia i cada mes des de l'any 2007 fins al 2016.

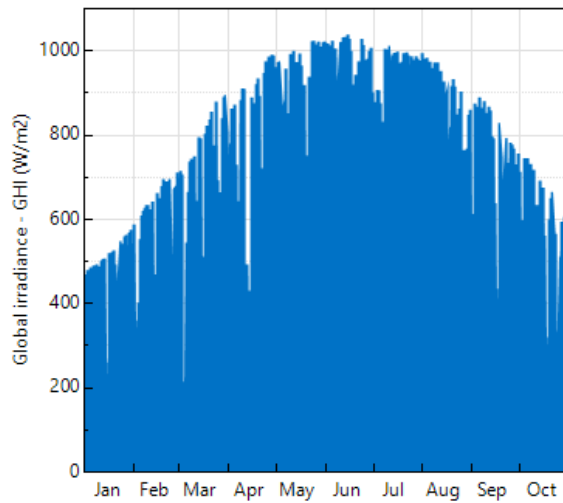


Figura 7. Irradiació horària_mitjana(2006-2017).

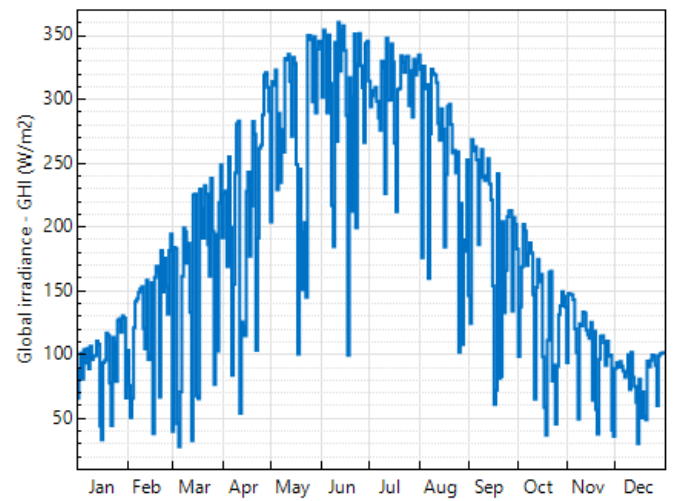


Figura 8. Irradiació diària mitjana(2006-2017).

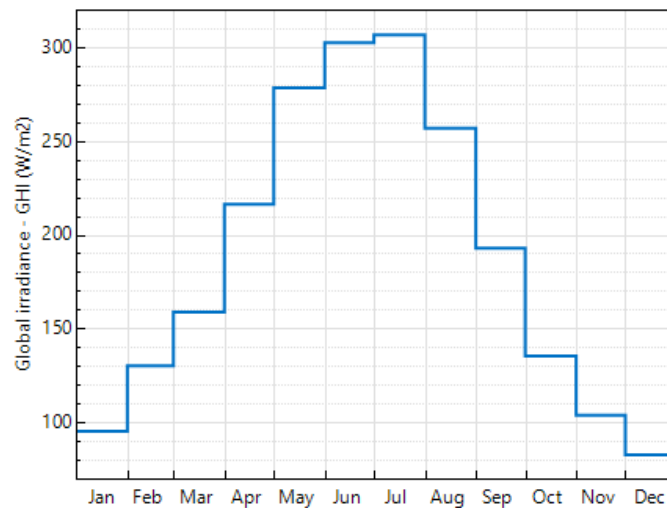


Figura 9. Irradiació mensual mitjana (2006-2017).

2.1.6.2. PVSYST

Els avantatges que trobem amb PVsyst respecte SAM són a l'hora de trobar dades meteorològiques, ja que aquest incorpora un buscador, en el cas de què la nostra població no apareix-hi a la llista predeterminada. És cert que SAM també té aquesta opció, però només és vàlida per a ciutats de Nord Amèrica. En canvi PVsyst té un buscador on pots clissar sobre la ubicació desitjada o bé introduir-li coordenades, i ell mateix descarrega dades meteorològiques de Meteonorm 7.2.

D'aquesta manera no només contrastarem els càlculs des de dos softwares diferents, sinó que també contrastarem de dues bases de dades diferents.

En comparació amb SAM, el nivell d'anàlisi que ens ofereix el PVsyst és una mica inferior, però un dels punts positius que no ofereix SAM, és la possibilitat crear o modificar característiques del mòduls e inversors de la base de dades. De manera que si disposem de la fitxa tècnica d'un mòdul o inversor que no existeixi en la base de dades de PVsyst, el podem crear nosaltres mateixos introduint manualment les seves dades tècniques.

2.2. PLANTEJAMENT I SELECCIÓ D'ALTERNATIVES

Comparant diferents combinacions de configuració de la posició dels mòduls, model dels panells fotovoltaics i model d'inversors. S'ha de dissenyar la instal·lació que pugui generar la màxima potència possible sense sobrepassar els 100 kW ajustant-nos a la rendibilitat que ens ha demanat el client.

Per començar, hi ha dues maneres de col·locar els mòduls, plans amb la teulada, o inclinats amb estructures en triangle. Un cop s'ha elegit la solució òptima, els mòduls es poden posar verticals o horitzontals en funció de la forma de la teulada o de l'ombra que puguin projectar els uns amb els altres, si els col·loquem plans no projectaran cap tipus d'ombra entre ells.

Els mòduls plans amb la teulada significarien una inclinació de $5,3^\circ$ amb un azimuth de 259° a la cara oest i de 79° en la cara est.

Els mòduls amb estructures en triangle els forçaríem a una inclinació de 37° i el seu azimuth seria de 180° . Cal tenir en compte possibles ombres entre files de mòduls.

Caldrà fer assajos amb SAM per veure quin dels dos muntatges és més adient, un cop fets els assajos, els repetirem amb PVsyst per contrastar els valors obtinguts.

Dels models de panell solar que trobem en el catàleg d'Albasolar, només sis apareixen entre la varietat de mòduls que ens ofereix el software SAM. Aquests sis models són prou diferents entre ells per a representar tot el catàleg, de manera que només es treballarà amb els següents models, dels quals podem veure la corba de treball del mòdul, així com els paràmetres amb els quals treballa el software:

CANADIAN 295P

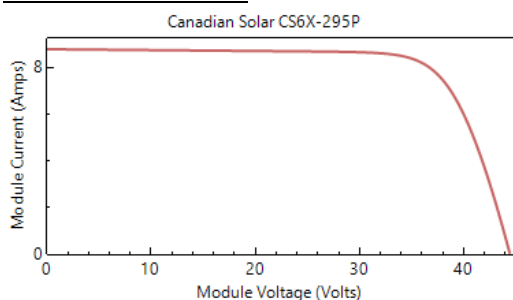


Figura 10. Corba VI del Canadian 295P.

Pmp	294,84	[Wdc]
Vmp	36	[Vdc]
Imp	8,2	[Adc]
Voc	44,5	[Vdc]
Isc	8,8	[Adc]

Taula 8. Valors Canadian 295P.

CANADIAN 335

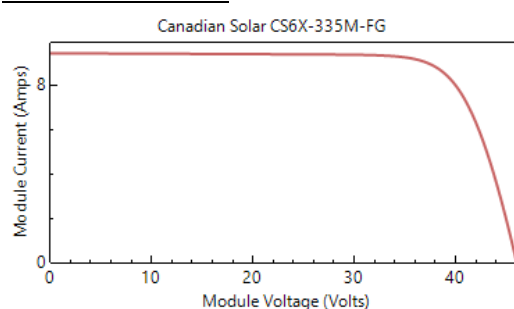


Figura 11. Corba VI del Canadian 335.

Pmp	335,286	[Wdc]
Vmp	37,8	[Vdc]
Imp	8,9	[Adc]
Voc	46,1	[Vdc]
Isc	9,4	[Adc]

Taula 9. Valors Canadian 335.

CANADIAN 340

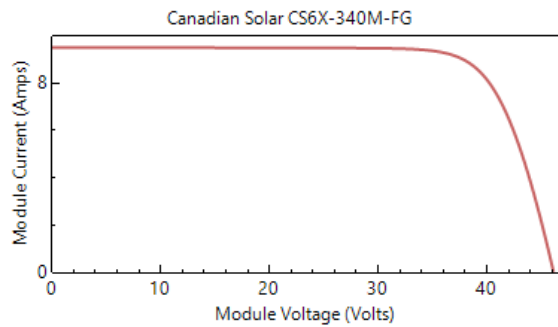


Figura 12. Corba VI del Canadian 340.

Pmp	339,963	[Wdc]
Vmp	37,3	[Vdc]
Imp	9	[Adc]
Voc	46,2	[Vdc]
Isc	9,5	[Adc]

Taula 10. Valors Canadian 340.

REC 275

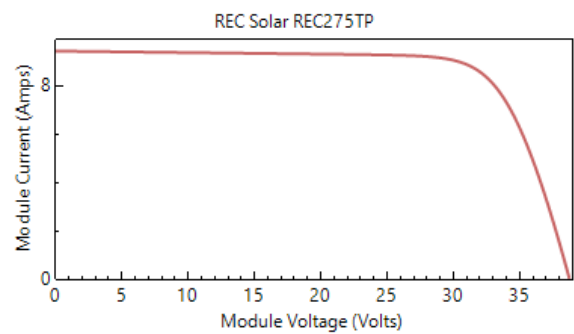


Figura 13. Corba VI del REC 275.

Pmp	275,31	[Wdc]
Vmp	31,5	[Vdc]
Imp	8,7	[Adc]
Voc	38,3	[Vdc]
Isc	9,4	[Adc]

Taula 11. Valors REC 275.

PEIMAR 310P

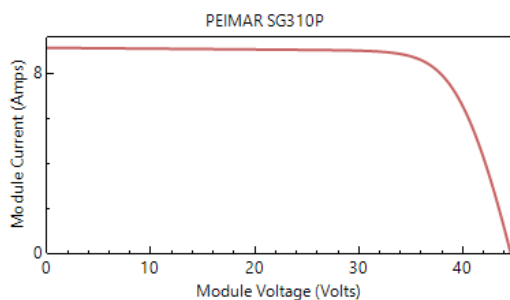


Figura 14. Corba VI Peimar 310.

Pmp	310,002	[Wdc]
Vmp	36,3	[Vdc]
Imp	8,5	[Adc]
Voc	44,7	[Vdc]
Isc	9,1	[Adc]

Taula 12. Valors Peimar 310.

PEIMAR 330P

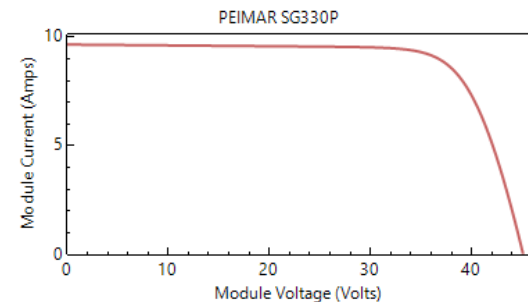


Figura 15. Corba VI Peimar 330.

Pmp	329,933	[Wdc]
Vmp	36,7	[Vdc]
Imp	9	[Adc]
Voc	45,1	[Vdc]
Isc	9,6	[Adc]

Taula 13. Valors Peimar 330.

Podem connectar diferents inversors en paral·lel de manera que sumin el valor més pròxim possible a 100 kW. No es recomanable posar un nombre molt elevat d'inversors, de manera que dels models d'inversors que trobem en el catàleg d'Albasolar, elegirem els que estan per sobre de 10 kW i per sota de 100kW.

Només ens servien cinc dels models: STP 15000TL, STP20000TL, STP50, STP60 i STP75.

Els dos últims d'aquests cinc models, el STP60 i el STP75, són de 60 i 75 kW respectivament, de manera que si només utilitzéssim un inversor aquest estaria subdimensionat. En el cas d'utilitzar-ne dos, sumarien 120 i 150 kW, de manera que estarien sobredimensionats. Per aquest motiu descartem aquests dos models

De manera que només treballarem amb els models STP15000TL, STP20000TL i STP50, dels quals podem apreciar els seus paràmetres dins del programa i la seva corba d'eficiència:

STP1500TL

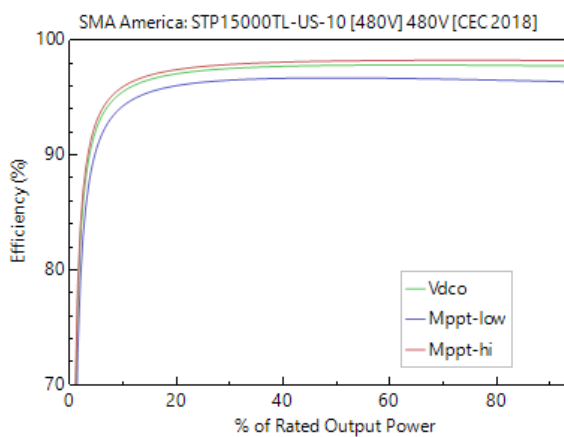


Figura 16. Corba d'eficiència STP15000TL.

Pac max	15000	[Wac]
Pdc max	15348,1	[Wdc]
Pcons	50,6711	[Wdc]
Pc night	1,79	[Wac]
Vac nom	480	[Vac]
Vdc max	800	[Vdc]
Idc max	22,738	[Adc]
Vmppt min	300	[Vdc]
Vmppt max	800	[Vdc]
Vdc nom	675	[Vdc]
Efficiency	97,375	[%]

Taula 14 . Dades tècniques STP15000TL.

STP2000TL

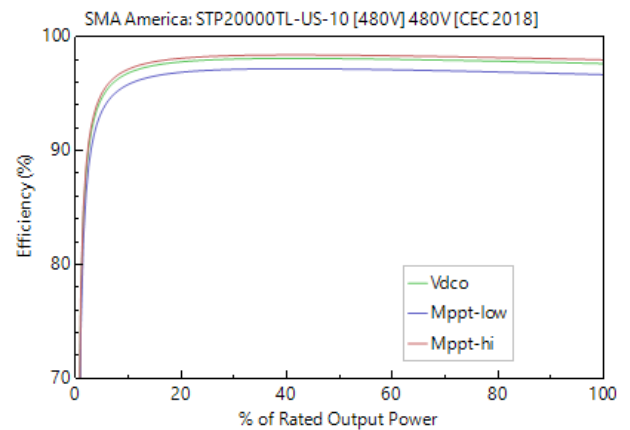


Figura 17. Corba d'eficiència STP20000TL

Pac max	20000	[Wac]
Pdc max	20479,2	[Wdc]
Pcons	46,141	[Wdc]
Pc night	1,79	[Wac]
Vac nom	480	[Vac]
Vdc max	800	[Vdc]
Idc max	29,4665	[Adc]
Vmppt min	380	[Vdc]
Vmppt max	800	[Vdc]
Vdc nom	695	[Vdc]
Efficiency	97,788	[%]

Taula 15. Dades tècniques STP20000TL.

SMA STP 50 - 40

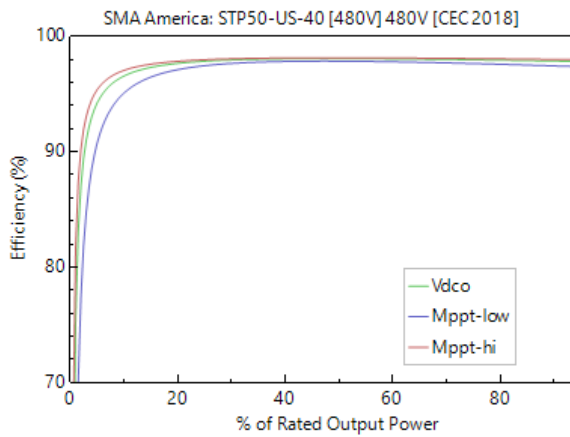


Figura 18. Corba d'eficiència STP 50.

Pac max	50072	[Wac]
Pdc max	51202,4	[Wdc]
Pcons	124,382	[Wdc]
Pc night	5,1	[Wac]
Vac nom	480	[Vac]
Vdc max	800	[Vdc]
Idc max	70,6239	[Adc]
Vmppt min	500	[Vdc]
Vmppt max	800	[Vdc]
Vdc nom	725	[Vdc]
Efficiency	97,749	[%]

Taula 16. Dades tècniques STP-50.

Combinant els panells i els inversors anteriors, ens surten 18 possibles combinacions per a cada un dels dos tipus de muntatges diferents.

A la següent taula podem observar els resultats de les simulacions amb les inclinacions i azimuth resultants d'una estructura plana amb la teulada. Podem veure la millor combinació de panells per string, els strings en paral·lel, el nombre total de mòduls, el nombre d'inversors necessaris i la potència anual produïda calculada amb els softwares SAM i PVsyst per comparar.

Mòdul	Inversor	Nº mòduls /String	Strings Paral·lels	Nº de mòduls	Nº inversors	Potència anual SAM (MWh)	Potència anual PVSYST (MWh)
REC 275 PE	STP15000TL	23	16	368	6	136	144
Peimar 310 M	STP15000TL	19	17	323	6	123	144
Peimar 330 P	STP15000TL	19	16	304	6	132	143
Canadian 295	STP15000TL	19	18	342	6	134	146
Canadian 335	STP15000TL	16	19	304	6	135	145
Canadian 340	STP15000TL	16	19	304	6	137	146
REC 275 PE	STP20000TL	23	16	368	5	136	144
Peimar 310 M	STP20000TL	19	17	323	5	131	144
Peimar 330 P	STP20000TL	19	16	304	5	132	143
Canadian 295	STP20000TL	19	18	342	5	134	146
Canadian 335	STP20000TL	16	19	304	5	135	146
Canadian 340	STP20000TL	16	19	304	5	137	148
REC 275 PE	STP 50 kW	23	16	368	2	136	144
Peimar 310 M	STP 50 kW	19	17	323	2	131	144
Peimar 330 P	STP 50 kW	19	16	304	2	132	143
Canadian 295	STP 50 kW	19	18	342	2	135	146
Canadian 335	STP 50 kW	16	19	304	2	135	146
Canadian 340	STP 50 kW	16	19	304	2	137	147

Taula 17. Previsions de potència anual generada per a diferents combinacions de inversors i mòduls col·locats plans amb la teulada.

En canvi, a la següent taula podem observar els resultats de les simulacions amb les inclinacions i azimuth resultants d'una estructura en triangle amb 37° d'inclinació i orientació sud (azimut 180°). Podem veure la millor combinació de panells per string, els strings en paral·lel, el nombre total de mòduls, el nombre d'inversors necessaris i la potència anual produïda calculada amb els softwares SAM i PVSyst per comparar.

Mòdul	Inversor	Nº mòduls /String	Strings Paral·lels	Nº de mòduls	Nº inversors	Potència anual SAM (MWh)	Potència anual PVSYST (MWh)
REC 275 PE	STP15000TL	23	16	368	6	164	173
Peimar 310 M	STP15000TL	19	17	323	6	160	173
Peimar 330 P	STP15000TL	19	16	304	6	160	169
Canadian 295	STP15000TL	19	18	342	6	163	175
Canadian 335	STP15000TL	16	19	304	6	164	174
Canadian 340	STP15000TL	16	19	304	6	166	176
REC 275 PE	STP20000TL	23	16	368	5	165	173
Peimar 310 M	STP20000TL	19	17	323	5	159	170
Peimar 330 P	STP20000TL	19	16	304	5	161	169
Canadian 295	STP20000TL	19	18	342	5	163	172
Canadian 335	STP20000TL	16	19	304	5	164	172
Canadian 340	STP20000TL	16	19	304	5	166	175
REC 275 PE	STP 50 kW	23	16	368	2	165	173
Peimar 310 M	STP 50 kW	19	17	323	2	160	172
Peimar 330 P	STP 50 kW	19	16	304	2	161	171
Canadian 295	STP 50 kW	19	18	342	2	163	174
Canadian 335	STP 50 kW	16	19	304	2	164	174
Canadian 340	STP 50 kW	16	19	304	2	167	178

Taula 18. Previsions de potència anual generada per a diferents combinacions de inversors i mòduls col·locats amb estructura en triangle.

Si comparem les dues taules anteriors podem observar com amb l'estructura en triangle tenim prop d'un 20% més de potència que amb l'estructura plana.

L'energia generada no varia molt d'un model d'inversor a l'altre, la variació sol ser com a molt de l'ordre d'1 MWh/any, de manera que escollirem el model d'inversor que surti més econòmic.

Model	Unitats	PVP	TOTAL
STP15000TL-30	6	3883	23298
STP20000TL-30	5	4179	20895
STP 50-40	2	7996	15992

Taula 19. Pressupost dels inversors en funció del nombre que es necessita de cada un.

El STP 50 és el model més econòmic, ja que només es necessiten dues unitats. Això també simplifica el disseny de la instal·lació elèctrica i suposa un estalvi en quant a components elèctrics (cables, proteccions, etc), i ocuparan menys espai que les cinc o sis unitats dels altres dos models.

Mòdul	Nº mòduls /String	Strings Paral·lels	Nº de mòduls	Nº de mòduls per palet	Preu unitat	Preu unitat Palet	PREU PANELLS	Preu estructures per string	Preu estructures	PREU TOTAL	PREU REBAIXAT
REC 275 PE	23	16	368	26	171	158	58196	1124	17984	76180	45708
Peimar 310 M	19	17	323	27	212	196	63724	885	15045	78769	47261,4
Peimar 330 P	19	16	304	27	191	176	53609	1076	17216	70825	42495
Canadian 295	19	18	342	30	181	166	56952	885	15930	72882	43729,2
Canadian 335	16	19	304	30	210	194	59040	919	17461	76501	45900,6
Canadian 340	16	19	304	27	220	206	62722	919	17461	80183	48109,8

Taula 20. Pressupost del les diferents combinacions de mòduls amb el STP 50.

Pel que fa al model de panell fotovoltaic, el preu del Peimar 330P és el més baix de tots. A part de ser el model més econòmic, és també, junt amb els models Canadian 335 i 340, el que necessita muntar menys mòduls per assolir la potència.

És per això que s'elegeix el model PEIMAR SG330P per a aquesta instal·lació.

3. DESENVOLUPAMENT DE LA SOLUCIÓ PROPOSADA

3.1. DADES TÈCNIQUES

En funció dels assajos realitzats amb SAM s'ha escollit realitzar la instal·lació amb estructures en triangle, la inclinació serà de 37° i l'azimut de 180° . S'utilitzaran dos inversors SMA STP-50-40 de 50 kW. Pel que fa als panells fotovoltaics, s'utilitzaran els Peimar SG 330P, hi haurà un total de 304 mòduls, 19 per string i 16 strings en paral·lel.

A continuació podem veure les corbes I-V així com les dades tècniques del mòdul Peimar SG330P donades pel fabricant:

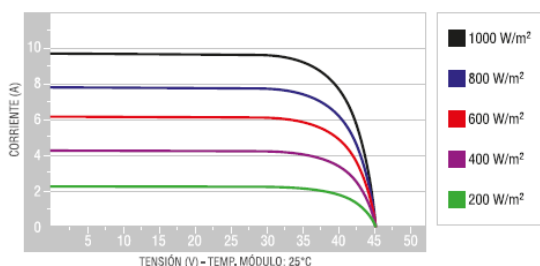


Figura 20. Corba I-V en funció de la irradiància.

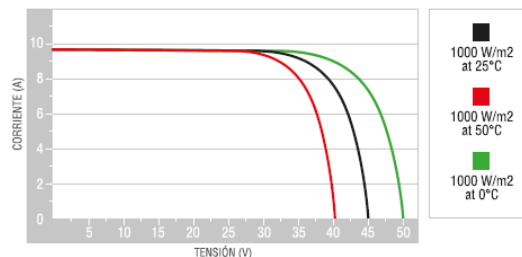


Figura 21. Corba I-V en funció de la temperatura.

Pmax	330W
Tolerància	0/+5W
Vmp	36,4V
Imp	9,07A
Voc	45V
Isc	9,78A
Vmax sistema	1500V
Inom Fusible	15A
Eficiència	17%

Taula 21. Paràmetres tècnics del Peimar SG 330 P.

Es poden observar petites diferències en els decimals entre les dades tècniques que utilitza SAM i les que trobem a la fitxa tècnica del panell. Però no són significants a l'hora de fer previsions de consum.

Si entrem a la pàgina web de SMA ens podem descarregar informació sobre l'inversor STP 50-40.

En les següents taules veiem els seus paràmetres tècnics més rellevants:

Entrada (CC)	
Pmax generador	75000 W
Vmax	1000V
Vmpp min	500V
Vmpp max	800V
Vnom	670V
Vmin	150V
I _{max}	120A
I _{max} seguidor MPP	20A
I _{sc} max	30 A
Nº entrades seguidors MPP/Strings por entrada de seguidor MPP	6/2

Taula 22. Dades tècniques d'entrada del STP-50.

Sortida (CA)	
P assignada	50000W
P _{max}	50000VA
V _{nom}	230/400V
Rang de tensions	202/305V
Freqüència	50Hz (de 44Hz a 55Hz)
I _{max}	72,5A
FP	1
THD	<3%

Taula 23. Dades tècniques de sortida del STP-50.

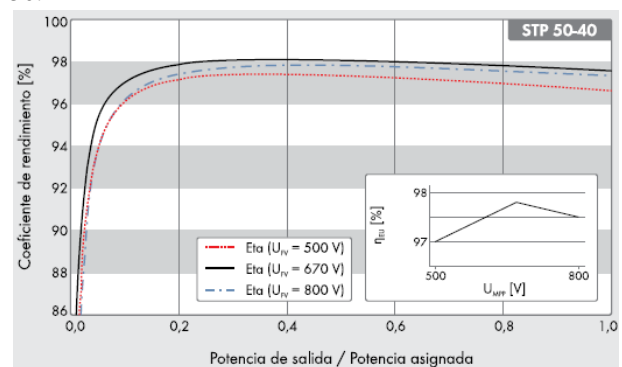


Figura 22. Corba de rendiment del STP 50-40.

Les estructures són triangles jamuntats, hi trobarem un a cada intersecció entre panells, així com al principi i final de la fila. Les dimensions d'aquests triangles les trobem al plànol "Estructura amb mòdul vertical". Amb el mòdul muntat es pot simplificar l'estructura com a un triangle de base 1573,11 mm i 1348,12 mm d'altura.

L'amplada d'un mòdul és de 992 mm, però queden separats entre ells 30 mm pels mecanismes de subjecció. Així que la fila de 19 mòduls sumarà un total de 19388 mm, tenint en compte els espais entre mòduls.



Figura 23. Estructures premuntades per a mòduls solars.

En funció de les ombres projectades per cada fila, es decidirà la distància entre files.

3.2. ESTUDI D'OMBRES

La teulada de l'edifici no rep ombra de cap arbre ni cap altre edifici, de manera que les úniques ombres que poden interferir en la instal·lació són les provocades per una fila de mòduls sobre un altre. Aquesta ombra es pot negligir si es separen correctament les files de mòduls.

Per a poder calcular l'ombra projectada per un panell és necessari calcular primer l'angle amb el qual el Sol incideix sobre els mòduls. Aquest s'anomena angle d'elevació del sol, i es calcula mitjançant la següent fórmula si estem situats a l'hemisferi nord:

$$\alpha = 90 - \varphi + \delta$$

On:

φ = Latitud de la ubicació. Es pot trobar fàcilment per internet, en el nostre cas té un valor de $41,66^\circ$

δ = Angle de declinació solar.

L'angle de declinació solar varia en funció de l'estació en què ens trobem degut a la inclinació de la Terra sobre el seu eix de rotació i a la rotació de la Terra al voltant del Sol.

Podem calcular l'angle de declinació de qualsevol dia de l'any amb la següent fórmula:

$$\delta = -23,45^\circ * \cos\left(\frac{360}{365} * (d + 10)\right)$$

On: d = Número de dia del any, amb el 1 de gener com a dia 1.

L'angle de declinació arriba a un màxim de $23,45^\circ$ el dia 22 de juny (solstici d'estiu a l'hemisferi nord) i té el seu mínim de $-23,45^\circ$ el dia 22 de desembre (solstici d'hivern a l'hemisferi nord).

Sabent aquest mínim i aquest màxim, i tornant a la fórmula per calcular l'angle d'elevació, podem calcular:

$$\alpha = 90 - \varphi + \delta$$

$$\alpha = 90 - 41.66 + (\pm 23.45)$$

$$\alpha_{min} = 24.89^\circ$$

$$\alpha_{max} = 71.79^\circ$$

Com necessitem que la instal·lació funcioni correctament tot l'any, dimensionarem les distàncies entre files de mòduls amb l'angle d'elevació mínim que és el que més ombra projectarà.

A partir de les mesures extretes del plànol “Estructura amb mòdul vertical” que trobem als annexos, podem extreure la base i l'altura d'un triangle que a efectes pràctics projectarà la mateixa ombra que l'estructura amb el panell muntat i simplificarà els càlculs:

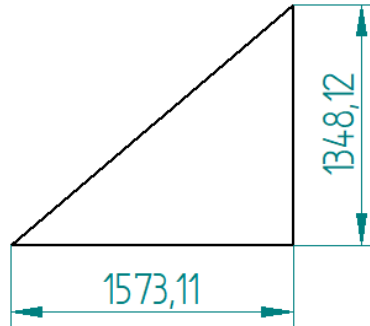


Figura 24. Triangle que simplifica el panell muntat en estructura.

Tenint en compte que l'angle d'elevació del Sol mínim serà de 24,89° podem calcular les distàncies fins a la que es projectarà l'ombra del mòdul.

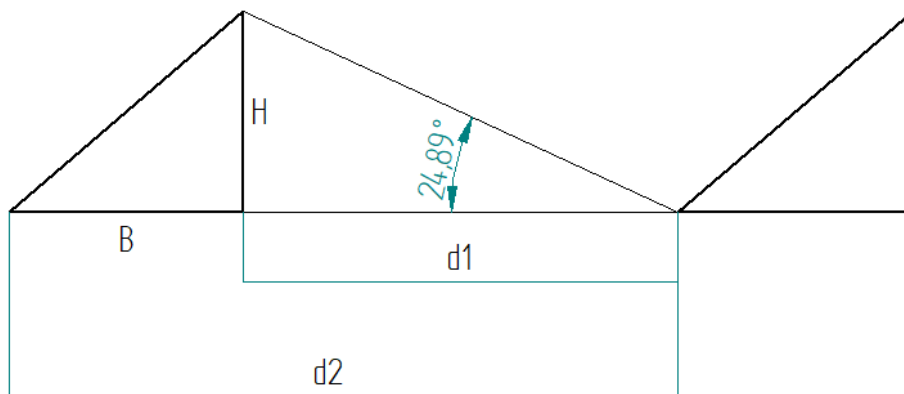


Figura 25. Esquema de distàncies a calcular.

Podem calcular la distància d1 amb la següent fórmula:

$$d_1 = \frac{H}{\operatorname{tg}(\alpha)}$$

On:

H = Altura del triangle.

α = Angle d'elevació del Sol.

De manera que:

$$d_1 = \frac{H}{\operatorname{tg}(24,89^\circ)} = \frac{1348,12}{\operatorname{tg}(24,89^\circ)} = 2905,6 \text{ mm}$$

I per calcular la distància de principi a principi de cada fila només cal sumar la base del triangle amb la distància de l'ombra d1.

$$d_2 = B + d_1 = 1573.11 + 2905.6 = 4478.71 \text{ mm}$$

La distància d2 és la distància mínima de separació entre files, com tenim espai suficient a la teulada, arrodonirem la distància a 5 metres que farà més senzilla la instal·lació de les estructures i guanyarem un marge de seguretat.

A la mateixa teulada hi ha un mur d'1,1 metres d'alçada, per evitar l'ombra projectada per aquest caldrà deixar una distància prudent entre la primera fila de mòduls i el mur.

$$d = \frac{H}{\operatorname{tg}(\alpha)}$$

$$d = \frac{H}{\operatorname{tg}(24,89^\circ)} = \frac{1100}{\operatorname{tg}(24,89^\circ)} = 2370,83 \text{ mm}$$

De manera que la distància que deixarem entre el mur i la primera fila ha de ser de com a mínim 2,37 metres.

3.3. INSTAL·LACIÓ ELÈCTRICA

Diferenciarem dues parts dintre del que és la instal·lació elèctrica: La part de corrent continua i la part de corrent alterna.

La part de corrent contínua és la que compren des de els mòduls fotovoltaics fins a la entrada de l'inversor.

La part de corrent alterna és la que compren des de la sortida de l'inversor fins a l'embarrat on es connectarà amb la xarxa de distribució i la instal·lació elèctrica del client.

3.3.1. PART DE CORRENT CONTINUA:

La distribució de la instal·lació fotovoltaica serà de 16 strings de 19 mòduls cada un. Utilitzarem dos inversors dels quals cada un d'ells té 6 entrades, i cada una d'aquestes entrades es capaç de seguir la corba MPP de dos strings. De manera que ajuntarem 2 strings per cada entrada, i de cada inversor utilitzarem 4 entrades.

Les característiques elèctriques del mòdul Peimar SG330P són les de la següent taula.

PEIMAR SG330 P	
Vn	36,4V
In	9,07A
Voc	45V
Isc	9,78A

Taula 24. Característiques tècniques del mòdul.

1 STRING	
Vn	691,6V
In	9,07A
Voc	855V
Isc	9,78A
Voc (-10°)	959V
Vn (60°)	581V

Taula 25. Característiques tècniques d'un string.

Per saber les característiques elèctriques en un string només cal multiplicar per 19 els valors dels voltatges, ja que a l'estar en sèrie els corrents es mantenen. A la següent taula apareixen el valors característiques elèctriques en un string, s'han afegit els valors calculats per PVsyst de tensió de curtcircuit a -10° i de tensió nominal a 60°.

En el següent esquema es representa els components d'una entrada d'un dels inversors:

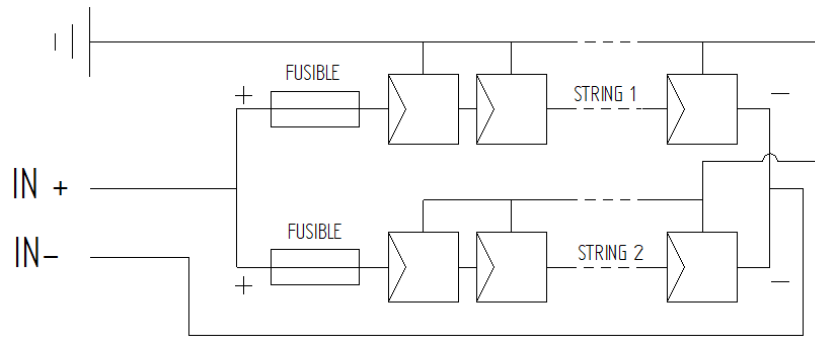


Figura 26. Esquema simplificat d'una entrada de l'inversor.

3.3.1.1. SECCIÓ DELS CONDUCTORS.

En el manual d'instal·lació de l'inversor hi ha una sèrie de requisits sobre el cablejat:

- Tipus de cable: PV1-F, UL-ZKLA, USE2.
- Diàmetre exterior: 5mm a 8mm.
- Secció del cable: 2,5 mm² a 6 mm².
- Nombre de fils: mínim 7.
- Tensió nominal: Mínim 1000V

Les seccions en corrent contínua es poden calcular com amb corrent alterna monofàsica, i la podem obtenir amb la següent fórmula:

$$S = \frac{2 \cdot P \cdot L \cdot \rho \cdot 100}{\Delta U(\%) \cdot U_n^2 \cdot \cos \varphi}$$

On:

P = Potència a la línia [W].

L= Longitud de la línia [m].

φ= Angle del factor de potència, en cas de corrent continua és zero [°].

Un= Tensió nominal de la línia[V].

ΔU(%)= Caiguda de tensió a la línia [%]

ρ = resistivitat del conductor [Ω/m].

Donat que utilitzarem conductors de coure i la seva resistivitat és de $1,71 \times 10^{-8} \Omega/\text{m}$ i que la caiguda de tensió màxima admissible és de l'1,5% , podem simplificar l'equació:

$$S = \frac{2 \cdot P \cdot L \cdot 1,71 \cdot 10^{-8} \cdot 100}{1,5 \cdot U_n^2}$$

En la nostra instal·lació, a la part de corrent continua, hi haurà dos tipus de línies, i per tant, dos tipus de seccions. La secció 1 (S1) és la d'un sol string, la secció 2 (S2) és la que uneix les connexions de dos strings amb el inversor.

S1. Secció d'un string:

La potència nominal d'un string l'obtindrem multiplicant les seves tensions i corrents nominals:

$$P_n = V_n \cdot I_n = 691,6 \cdot 9,07 = 6267,37 \text{ W}$$

La longitud d'un string l'obtindrem sumant les distàncies horitzontals dels mòduls (992mm), tenint en compte una separació entre mòduls de 3cm. De manera que calcularem la longitud:

$$L = 0,992 \cdot 19 + 0,03 \cdot 18 = 18,9\text{m}$$

Sabem que la tensió nominal en un string és de 691,6V, de manera que ja podem resoldre la secció:

$$S = \frac{2 \cdot P \cdot L \cdot 1,71 \cdot 10^{-8} \cdot 100}{1,5 \cdot U_n^2}$$
$$S = \frac{2 \cdot 6267,37 \cdot 18,9 \cdot 1,71 \cdot 10^{-8} \cdot 100}{1,5 \cdot 691,6^2} = 0,564 \text{ mm}^2$$

Aquesta secció correspondria amb la secció comercial de 1,5 mm². Tot i així, els mòduls ja porten incorporats cables de 900mm de longitud i 4 mm² de secció, de manera que per fer les connexions d'un string tindrem prou amb aquests cables, de fet estan una mica sobredimensionats.

S2. Secció entre strings e inversor:

La potència nominal d'aquesta línia és el doble de la d'un string:

$$P_n = P_{nSTRING} \cdot 2 = 6267,37 \cdot 2 = 12534.74W$$

Per a calcular la secció farem servir la longitud del cable més llarg, si la calculem en el plànol, és de 100m.

Sabem que la tensió nominal serà la mateixa que trobem en un string, que és de 691,6V, de manera que ja podem resoldre la secció:

$$S = \frac{2 \cdot P \cdot L \cdot 1,71 \cdot 10^{-8} \cdot 100}{1,5 \cdot U_n^2}$$
$$S = \frac{2 \cdot 12537,74 \cdot 100 \cdot 1,71 \cdot 10^{-8} \cdot 100}{1,5 \cdot 691,6^2} = 5,9764 \text{ mm}^2$$

Aquesta secció correspondria amb la secció comercial de 6 mm². Aquest cable l'obtindrem del nostre proveïdor Albasolar. El fabricant és top cable.

Consultant les taules que ens proporciona el fabricant obtenim que la tensió admissible pe a cables de 6 mm² adjacents uns als altres en una superfície és de 57A la caiguda de tensió de 9,49 V/A·km.

De manera que tindrem una caiguda de tensió màxima de:

$$\Delta U = (9,07 \cdot 2)9,49 \times 10^{-3} = 0,086V$$

3.3.1.2. SISTEMES DE PROTECCIÓ.

No és necessari dimensionar contra sobretensions, ja que aquesta protecció ve integrada en l'inversor

Per a la protecció contra curtcircuits s'utilitzaran fusibles. Aquests fusibles han de ser especials per a corrent contínua, i com a mínim han de suportar 1000V.

A les especificacions tècniques del mòdul fotovoltaic indica que el valor nominal màxim del fusible és de 15A.

Hem elegit els fusibles circulars de corba gPV de 1000V i d'intensitat nominal 15A. A més el portafusibles es un connector MK4, de manera que estalviarem espai.

Si apliquem la fórmula:

$$((N_s - 1) \cdot I_{sc}) < I_{MAX_{Fusible}}$$

On:

Ns= nombre de strings

Isc=Intensitat de curtcircuit del mòdul

I_{maxFusible} = 15A que ens limita el fabricant

$$((N_s - 1) \cdot 9,78) < 15$$

Podríem col·locar un fusible cada dos strings ja que :

$$((2 - 1) \cdot 9,78) < 15$$

$$9,78 < 15$$

Però si el col·loquem cada tres:

$$((3 - 1) \cdot 9,78) < 15$$

$$19,56 < 15$$

Cada tres ja no compliríem la condició, tot i així, col·locarem un al final positiu de cada string per així assegurar totes les línies, ja que el seu preu no és molt elevat.

3.3.2. PART DE CORRENT ALTERNA:

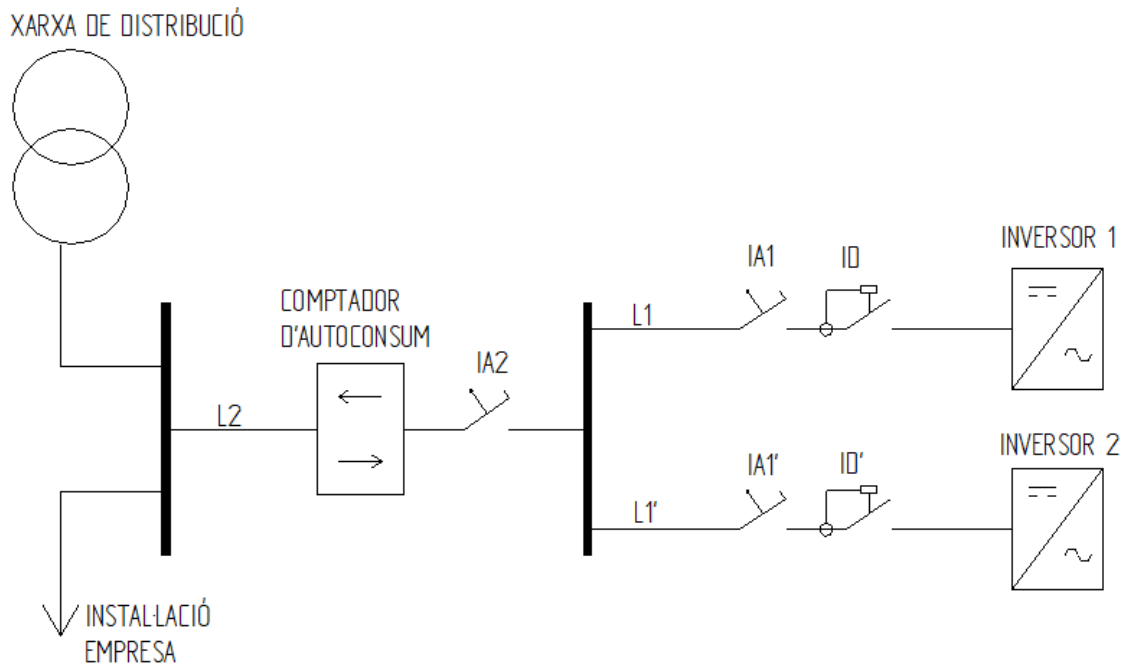


Figura 27. Esquema unifilar de les línies i proteccions de la instal·lació de CA.

De les dades tècniques de l'inversor podem treure que la intensitat nominal de fase serà de 72,5 A, i que la intensitat màxima en cas de fallada, és a dir en cas de curtcircuit a la part de continua, serà de 86A.

$$I_n = 72,5 * \sqrt{3} = 125,57A$$

$$I_{cc} = 86 * \sqrt{3} = 148,96A$$

Al manual d'instal·lació del inversor hi ha diversos requisits a tenir en compte a l'hora d'escollir el cablejat de sortida d'aquest:

- Conductors d'alumini o coure.
- Diàmetre exterior de 35 a 48mm.
- Secció del conductor de fase i neutre de 35 a 120 mm²
- Secció del conductor PE de 25 a 120 mm²
- S'ha d'entrar una longitud de cable pelar de 30mm i una de cable sense revertir de 290mm.

3.3.2.1. CÀLCUL DE SECCIONS.

La línia L1 i la L1' seran iguals.

Línea L1:

Suposarem la secció de la línia L1 de 3x(1x50) mm²:

Es tracta d'un conductor de coure, amb una intensitat nominal de 180 A i una secció de 50 mm².

Sol·licitacions de sobrecàrrega:

La intensitat de càrrega del cable (I_{zn}) ha de complir les següents condicions:

$$I_z \leq K_t * K_a * K_x * I_{zn}$$

On:

$$I_z = I_n * 0,8 = 125,57 * 0,8 = 156,97 \text{ A}$$

Coefficient de correcció per exposició al Sol: $K_x = 0,9$

A partir de les següents taules podem calcular els coeficients:

Coefficient de correcció per temperatura: $K_t = 0,87$ Tenint en compte una temperatura límit del cable de 70° i una temperatura ambient de fins a 40°

Coefficient de correcció per agrupament: $K_a = 0,9$ Tenint en compte que hi haurà dos cables, un al costat del altre, ja que hi ha dos inversors.

De manera que :

$$I_{zn} \geq \frac{156,97}{0,87 * 0,9 * 0,9} = 222,74 \text{ A}$$

No es compleix aquesta condició, ja que la intensitat nominal del conductor és de 180A. De manera que suposem una secció de 3x(1x70)mm²:

Es tracta d'un conductor de coure, amb una intensitat nominal de 225A, una secció de 70 mm².

Com no hem canviat ni material ni el nombre de sistemes, els factors de correcció seran els mateixos.

De manera que:

$$I_{zn} \geq 222,74 \text{ A}$$

La intensitat de càrrega del conductor es de 225 A, de manera que la secció compleix les sol·licitacions de sobrecàrrega.

Sol·licitacions de caiguda de tensió:

La caiguda de tensió a la línia no pot superar el 2%.

Podem calcular la caiguda de tensió en percentatge amb la següent fórmula:

$$\Delta U\% = \frac{P \cdot L \cdot (R_u \cos\varphi + X_u \sin\varphi)}{U_n^2 \cdot \cos\varphi} \cdot 100$$

On:

P = Potència a la línia [W].

L= Longitud de la línia [m].

φ = Angle del factor de potència [°].

R_u = Resistència eficaç a la temperatura límit [Ω /m].

X_u = Reactància eficaç a la temperatura límit [Ω /m].

Segons les especificacions tècniques de l'inversor, el factor de potencia és igual a 1.

Podem obtenir les dades de resistència i reactància eficaç del conductor de les taules ($R_u = 0,314\Omega/\text{km}$ i $X_u = 0,094\Omega/\text{km}$),

De manera que :

$$\Delta U\% = \frac{P \cdot L \cdot (R_u \cos\varphi + X_u \sin\varphi)}{U_n^2 \cdot \cos\varphi} \cdot 100$$

$$\Delta U\% = \frac{50 \cdot 10^{-3} \cdot 25 \cdot (0,314 \cdot 10^{-3} \cdot 1 + 0,094 \cdot 10^{-3} \cdot 0)}{400^2 \cdot 1} \cdot 100$$

$$\Delta U\% = 0,0024\%$$

La secció compleix les condicions de caiguda de tensió ja què és inferior al 2%.

Sol·licitacions en curtcircuit

S'ha de complir la següent fórmula:

$$I_{LT}^2 > I_{cc}^2 \cdot t_a$$

On:

Ta = temps d'actuació de les proteccions.

Icc = Intensitat de curt circuit. En aquest cas, la que prové de l'inversor.

ILT = Intensitat Límit Tèrmica, que es pot calcular amb la següent fórmula:

$$I_{LT} = \sqrt{\frac{\Delta\theta_{cc} \cdot c \cdot \delta \cdot s^2}{\rho}}$$

On:

c = Calor específic del coure = 393,5 J/(kg·°C)

δ = Densitat del coure = 8890 kg/m³

s = Secció del conductor

$$\rho = R_{ef} \cdot s = 0.314 \cdot 10^{-3} \cdot 70 \cdot 10^{-6} = 2,198 \cdot 10^{-8} \Omega/m$$

$$\Delta\theta_{cc} = \theta_{cc} - \theta_n = 160^\circ - 70^\circ = 90^\circ$$

$$I_{LT} = \sqrt{\frac{90 \cdot 393,5 \cdot 8890 \cdot (70 \cdot 10^{-6})^2}{2.198 \cdot 10^{-8}}}$$

$$I_{LT} = 2649.28A$$

Si aïllem el temps en la fórmula que ens condiciona la sol·licitació en curtcircuit:

$$t_a < \frac{I_{LT}^2}{I_{cc}^2}$$

$$t_a < \frac{2649.28^2}{148.96^2} = 316.31s$$

És a dir, complirà les sol·licitacions en curtcircuit sempre que el temps d'actuació de les proteccions sigui inferior a 316.31 segons.

Línea L2:

Sol·licitacions de sobrecàrrega:

En aquesta línia la intensitat nominal és la suma de la dels dos inversors, de manera que serà el doble de la intensitat nominal a la línia 1.

$$I_n = 2 \cdot I_{nL1} = 2 \cdot 125.57 = 251.14A$$

$$I_z = 0,8 \cdot I_n = 313.925A$$

Suposem una secció de 3x(1x120)mm²:

Es tracta d'un conductor de coure, amb una intensitat nominal de 330A, una secció de 120 mm².

Mitjançant taules obtenim els factors de correcció:

$$K_t = 0,87 \quad ; \quad K_a = 0.95 \quad ; \quad K_x = 0,9$$

Amb els factors podem resoldre ja l'equació:

$$I_{zn} \geq \frac{313.925}{0,87 * 0,95 * 0,9} = 422.03A$$

La secció seleccionada no compleix amb les sol·licitacions de sobrecàrrega de manera que provarem amb una secció més gran.

Suposem una secció de 3x(1x185)mm²:

Es tracta d'un conductor de coure, amb una intensitat nominal de 225A, una secció de 70 mm² en una agrupació de dos sistemes.

Com no canvia cap dels factors de correcció, l'equació té el mateix resultat que abans

$$I_{zn} \geq \frac{313.925}{0,87 * 0,95 * 0,9} = 422.03A$$

Aquesta secció t compleix amb les sol·licitacions de sobrecàrrega

Sol·licitacions de caiguda de tensió:

Amb aquesta nova secció tenim noves reactàncies i resistència eficaç:

$$R_u = 0.1183 \, \Omega/\text{km}$$

$$X_u = 0,086 \, \Omega/\text{km}$$

De manera que :

$$\Delta U\% = \frac{P \cdot L \cdot (R_u \cos\varphi + X_u \sin\varphi)}{U_n^2 \cdot \cos\varphi} \cdot 100$$

$$\Delta U\% = \frac{50 \cdot 10^{-3} \cdot 20 \cdot (0.1183 \cdot 10^{-3} \cdot 1 + 0,086 \cdot 10^{-3} \cdot 0)}{400^2 \cdot 1} \cdot 100$$

$$\Delta U\% = 0,073\%$$

La secció compleix les condicions de caiguda de tensió, ja que és inferior al 2%.

Sol·licitacions en curtcircuit

En aquest cas, la corrent de curtcircuit no ve dels inversors, sinó de la xarxa de distribució.

Aquesta corrent de curtcircuit tindrà un valor màxim de 12kA.

Calculant la resistivitat podem resoldre l'equació de la intensitat límit tèrmica:

$$\rho = R_{ef} \cdot s = 0.1183 \cdot 10^{-3} \cdot 185 \cdot 10^{-6} = 2.18855 \cdot 10^{-8} \Omega/m$$

$$I_{LT} = \sqrt{\frac{\Delta\theta_{cc} \cdot c \cdot \delta \cdot s^2}{\rho}}$$

$$I_{LT} = \sqrt{\frac{90 \cdot 393,5 \cdot 8890 \cdot (185 \cdot 10^{-6})^2}{2.18855 \cdot 10^{-8}}} = 22,189 \text{ kA}$$

De manera que:

$$t_a < \frac{I_{LT}^2}{I_{cc}^2}$$

$$t_a < \frac{22,19^2}{12^2} = 3,419s$$

És a dir, complirà les sol·licitacions en curtcircuit sempre que el temps d'actuació de les proteccions sigui inferior a 3,419s segons.

3.3.2.2.DIMENSIONAMENT DE LES PROTECCIONS.

En la nostra instal·lació hi haurà un total de 5 interruptors, 3 interruptors automàtics (IA1, IA1' i IA2) i 2 interruptors diferencials (ID i ID') degut a que L1 i L1' són dues línies simètriques, les proteccions també ho seran, és a dir, IA1 = IA1' i ID = ID'.

Interruptors diferencials:

Un interruptor diferencial funciona mesurant la corrent de la fase i del neutre, si hi ha una diferència entre aquestes dues corrents significa que hi ha una derivació i l'interruptor obre el circuit. Amb instal·lacions solars solen haver-hi rissats de tensió i altres fenòmens que poden provocar falses activacions del interruptor. Per evitar aquestes situacions s'utilitzen els interruptors diferencials super-immunitzats, aquests utilitzen filtres d'alta freqüència per detectar si realment hi ha una derivació a terra o si es tracta d'un dels fenòmens abans esmentats.

El calibre del interruptor ha de ser superior a la intensitat de fase del inversor: 72,5A

Del catàleg de Schneider hem escollit el model **VigiC120 de 4 pols i 30 mA** de sensibilitat.

Interruptors automàtics:

Un element de protecció, ja sigui un interruptor automàtic o un fusible, funcionarà adequadament en la protecció de línies si:

1. El seu corrent nominal I_n o d'ajust (I_r) és superior a la corrent màxima de càrrega (I_b), però inferior a la corrent màxima permesa (I_z) per al circuit, és a dir:

$$I_b < I_n < I_z$$

2. El valor de la corrent d'actuació segura de la protecció (I_f) és inferior a 1,45 I_z .

$$I_f = I_r \cdot 1.2 \leq 1.45 \cdot I_z$$

3. El poder de tall de la corrent de defecte de curtcircuit trifàsic (I_{cu}) és superior a la corrent de curtcircuit trifàsic existent en el punt de instal·lació I_{ccmax} .

$$I_{cu} > I_{ccMAX}$$

Interruptor IA1

L'interruptor a la sortida de l'inversor (IA1) actuarà bàsicament davant sobretensions, ja que en cas de curtcircuit a la banda de corrent continua, al curtcircuitar-se els panells tenen una intensitat poc elevada que actua com una sobretensió.

Aleshores l'interruptor cal que compleixi les següents condicions:

$$1: \quad I_b < I_n < I_z$$

$$2: \quad I_f = I_r \cdot 1.2 \leq 1.45 \cdot I_z$$

On:

I_b = La intensitat nominal de línia de l'inversor.

I_n = El calibre de l'interruptor.

I_z = Capacitat de càrrega nominal del conductor L1.

I_r = Intensitat de reacció de l'interruptor.

$$125.58 < I_n < 225A$$

Escollim un interruptor del calibre immediatament més gran que la intensitat nominal de línia.

Elegim l'interruptor automàtic **NSX160N** aquest té una intensitat nominal (I_n) de 160A, un poder de tall (I_{cu}) de 50 kA i una I_{cs} del 100% del I_{cu} . Ve incorporat un relé Micrologic 2.2.



Figura 28. Interruptor NSX160N .



Figura 29. Paràmetres a regular del interruptor NSX160N.

De les tres regulacions, seleccionem a la de I_o la immediatament superior a la intensitat nominal de línia, $I_o = 150A$

Aquest interruptor té diferents regulacions, dividint la intensitat nominal de línia entre la I_o ens donarà un valor pròxim a un dels salts d'aquesta regulació:

$$\frac{I_b}{I_o} = \frac{125.58}{150} = 0.83$$

Elegirem el salt de 0.9, si el multipliquem per I_o , obtindrem I_r :

$$I_r = I_o \cdot 0.9 = 150 \cdot 0.9 = 135A$$

Ara ja podem comprovar la condició:

$$I_r \cdot 1.2 \leq 1.45 \cdot I_z$$

$$135 \cdot 1.2 \leq 1.45 \cdot 225$$

$$162 \leq 326,25$$

L'interruptor compleix les dues sol·licitacions de sobrecàrrega.

No es possible modificar el temps d'actuació de llarg retard, així que aquesta serà de 16 segons, ja que agafem la corba 6x I_r al tractar-se de distribució.

Per últim, cal ajustar la intensitat de regulació del curt retard (I_{sd}), aquesta intensitat ha de complir la condició:

$$I_{ccMIN} > 1.25 \cdot I_{sd}$$

Escollim la intensitat donada de multiplicar I_r per 7, que hauria de ser suficient per absorbir les petites puntes que es creïn en el moment de connexió:

$$I_{sd} = 7 \cdot I_r = 7 \cdot 135 = 945 A$$

$$I_{ccMIN} > 1.25 \cdot I_{sd}$$

$$3181.63 > 1.25 \cdot 945$$

$$3181.63 > 1181.25$$

El temps de protecció de curt retard no es pot regular i actuarà de 20 a 80 ms.

Tant la intensitat com el temps de protecció instantanis no són regulables, i seran de 2400 A per a la intensitat i de 10 -50 ms per al temps màxim de sobreintensitat.

Interruptor General (IA2)

Aquest interruptor és troba a la línia L2 junt amb els comptadors, i és l'encarregat de protegir la nostra instal·lació d'autoconsum de curtcircuits provinents de la xarxa elèctrica i possibles sobrecàrregues.

Com el interruptor anterior, caldrà que aquest compleixi les condicions de sobrecàrrega i a més cal que l'interruptor tingui la capacitat de tallar la tensió de curtcircuit, de manera que hi haurà tres condicions:

$$1: I_{cu} > I_{ccMAX}$$

$$2: I_b < I_n < I_z$$

$$3: I_f = I_r \cdot 1.2 \leq 1.45 \cdot I_z$$

Recordem que la intensitat de càrrega nominal de la línia 2 (I_b) és de 251,14 A, i que la capacitat de càrrega del conductor L2 (I_z) és de 440 A.

Elegim l'interruptor automàtic **NSX400N**, aquest té una intensitat nominal (I_n) de 400A, un poder de tall (I_{cu}) de 50 kA i una I_{cs} del 100% del I_{cu} . Ve incorporat un relé Micrologic 2.



Figura 30. Interruptor NSX400N.

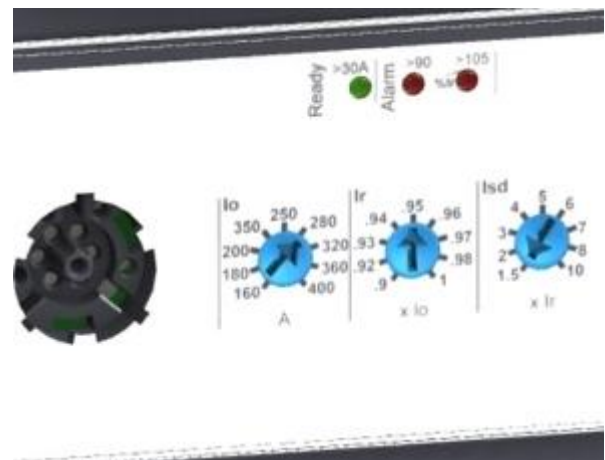


Figura 31. Paràmetres a regular del interruptor NSX400N.

Per tant, ja es compleix la primera condició, ja que:

$$I_{cs} = 50 \text{ kA} \quad ; \quad I_{ccMAX} = 12 \text{ kA}$$

$$I_{cs} > I_{ccMAX}$$

$$50 > 12$$

També es compleix la segona condició:

$$I_b < I_n < I_z$$
$$251,14 < 400 < 440$$

En quant a la tercera condició, per calcular la intensitat d'actuació segura (I_f), aquesta l'obtindrem multiplicant I_r per 1.2.

De les tres regulacions que trobem a l'interruptor, seleccionem a la de I_o la immediatament superior a la intensitat nominal de línia, $I_o = 280 \text{ A}$.

En aquest cas, per garantir la selectivitat entre els dos interruptors, la nova intensitat de regulació de càrrega, que anomenarem I_{r2} , cal que compleixi la següent condició:

$$I_{r2} > \frac{1.2 \cdot I_{r1} + (I_{b2} - I_{b1})}{1.05}$$
$$I_{r2} > \frac{1.2 \cdot 135 + (251.14 - 125.57)}{1.05}$$

Regularem a el salt de 0.98, si el multipliquem per I_o , obtindrem I_r :

$$I_r = I_o \cdot 0.9 = 280 \cdot 0.98 = 274.4 \text{ A}$$

Ara ja podem comprovar la condició:

$$I_r \cdot 1.2 \leq 1.45 \cdot I_z$$
$$274.4 \cdot 1.2 \leq 1.45 \cdot 440$$
$$329.28 \leq 638$$

No es possible modificar el temps d'actuació de llarg retard, així que aquesta serà de 16 segons, ja que agafem la corba 6x I_r al tractar-se de distribució.

Aquest interruptor compleix les tres condicions imposades.

Per últim, cal ajustar la intensitat de regulació del retard curt (I_{sd}), aquesta ha de mantenir una distància de seguretat del 50% respecte a la de l'interruptor anterior.

De manera que compleixi:

$$I_{sd2} > I_{sd1} \cdot 1.5$$
$$I_{sd2} > 945 \cdot 1.5 = 1467.15 \text{ A}$$

Així que escollim la intensitat donada de multiplicar I_r per 6:

$$I_{sd} = 6 \cdot I_r = 6 \cdot 274.4 = 1646.4 \text{ A}$$

Aquesta intensitat ha de complir la condició:

$$I_{ccMIN} > 1.25 \cdot I_{sd}$$

$$3181.63 > 1.25 \cdot 1646.4$$

$$3181.63 > 2464.6$$

El temps de protecció de curt retard no es pot regular i actuarà de 20 a 80 ms.

Tant la intensitat com el temps de protecció instantanis no són regulables, i seran de 4800 A per a la intensitat i de 10 -50 ms per al temps màxim de sobreintensitat.

A continuació trobem unes taules resum de les especificacions dels interruptors afegits i els ajustos que cal realitzar:

NSX160N	
In	160 A
PdC	50 kA
Tr	9s
Tsd	20-80 ms
Ii	2400 A
Ti	10-50ms
Micrologic 2.2	
Ajustos	
Io	150
Ir (x Io)	0,9
I _{sd} (x Ir)	7

Taula 26. Resum de característiques i ajustos del NSX160N.

NSX400N	
In	400 A
PdC	50 kA
Tr	15s
Tsd	20-80 ms
Ii	4800 A
Ti	10-50ms
Micrologic 2.2	
Ajustos	
Io	280
Ir (x Io)	0,98
I _{sd} (x Ir)	6

Taula 27. Resum de característiques i ajustos del NSX400N.

3.3.3. QUADRE DE DISTRIBUCIÓ

A peu de terra s'instal·larà un armari on a part de les proteccions de la nostra instal·lació, hi haurà l'embarrat per ajuntar les línies L1 i L1' de cada un dels inversors.

Aquest armari serà el "G IP30" de Schneider de 600 mm per 1530 mm. Dins hi hem de col·locar dues unitats de Vigi C120, dues unitats de NSX160N, una unitat de NSX400N i l'embarrat de distribució.

Aquest embarrat ha de poder suportar les intensitats que passaran per la línia L2. És a dir, que la seva capacitat de càrrega nominal ha de ser superior a 251,14 A.

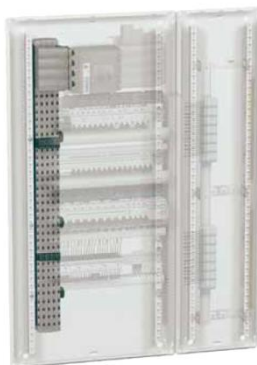


Figura 32. Joc de barres aïllades Powerclip.

De la gama de connexions de distribució de Schneider, trobem els jocs de barres Powerclip, que s'ajusten perfectament i hi ha models per intensitats de 160, 250, 400 i 630A. Com ens quedaríem curts amb el de 250A, escollirem el de 400A i 1000 mm.

Cal també tenir en compte els suports pels interruptors i seran útils també els blocs de connexió prefabricats.

A la taula següent trobem un resum dels materials necessaris per a l'armari de distribució, així com la referència del fabricant i el preu de venda al públic.

DESCRIPCIÓ	REFERÈNCIA	PREU
Armari G IP30 - ample 600mm- 27 mòduls- alt 1530 mm	08202	820,53
Porta plena G IP30 - ample 600mm- 27 mòduls- alt 1530 mm	08222	381,05
Joc de barres aïllades Powerclip 400A - 4 pols - llargada 1000 mm	04128	666,5
Bloc prefabricat per a muntatge horitzontal del NSX400 al Powerclip	04070	180,61
Bloc prefabricat per a muntatge horitzontal del NSX160 al Powerclip	04060	143,06
Carril modular	03001	23,31
Placa suport per a muntatge horitzontal NSX630 fixe.	03070	68,29
Placa suport per a muntatge horitzontal NSX250 fixe.	03032	52,21

Taula 28. Material per al quadre de distribució.

3.3.4. CONDUCTORS DE PROTECCIÓ

Caldrà connectar amb conductors de posada a terra tots els mòduls fotovoltaics, els inversors, i les caixes de proteccions.

Segons la Norma UNE 20.460-5-54 apartat 543.1.1 la relació entre les seccions dels conductors de protecció i els de fase ha de ser la descrita en la següent taula:

Secció dels conductors de fase de la instal·lació S (mm ²)	Secció mínima dels conductors de protecció S_p (mm ²)
$S \leq 16$	$S_p = S$
$16 < S \leq 35$	$S_p = 16$
$S > 35$	$S_p = S/2$

Taula 29. Relació entre les seccions dels conductors de protecció i els de fase.

En funció de les relacions extretes de la taula 27, les seccions mínimes dels conductors de posada a terra de la nostra instal·lació seran les de la pròxima taula:

	Secció del conductor (mm ²)	Secció del conductor de protecció (mm ²)
Línia CC	6	6
Línia L1	70	35
Línia L2	185	92,5

Taula 30. Seccions mínimes dels conductors de protecció.

Per al conductor de protecció de la línia L2 caldrà escollir la secció comercial immediatament superior a la obtinguda en la taula anterior, aquesta secció serà de 95 mm². Quan al aplicant les relacions de la taula 27 obtinguem una secció del conductor de protecció inferior a la dels conductors de fase, es recomanable verificar la secció mitjançant la següent fórmula :

$$S = \frac{\sqrt{I^2 \cdot t}}{k}$$

On:

S = Secció del conductor de protecció [mm²].

t = Duració del curtcircuit [s].

I = Corrent de defecte que pot travessar el dispositiu de protecció en valor eficaç [A].

k = Constants que per a conductors de coure amb una temperatura inicial de 30° i una final de 160° prendrà el valor de 143.

Les proteccions dels dos interruptors tenen el mateix temps màxim d'actuació en cas de curtcircuit (50ms), de manera que agafarem la intensitat de curtcircuit trifàsic a la xarxa de distribució, que és el pitjor dels casos, com a intensitat de defecte.

De manera que:

$$S = \frac{\sqrt{12000^2 \cdot 0,05}}{143} = 18,76 \text{ mm}^2$$

Com les seccions mínimes de les dues dels conductors de protecció de les dues línies son superiors a 18,76 mm² no cal modificar-les.

A continuació trobem una taula resum de les seccions dels conductors de protecció que utilitzarem i les seves longituds d'acord a les distàncies dels plànols.

	Secció del conductor de protecció (mm ²)	Longitud total
Línia CC	6	531,2m
Línia L1	70	25m
Línia L2	95	20m

Taula 31. Seccions i longituds dels conductors de protecció.

3.4. CONTRACTE DE COMPENSACIÓ D'EXCEDENTS

Fins ara les instal·lacions fotovoltaïques havien de pagar peatges per injectar l'energia generada a la xarxa, col·loquialment coneguts com a “impost al sol”. El passat més d'octubre es va crear el reial decret de llei 15/2015 per abolir aquestes taxes e incentivar l'autoconsum d'energia fotovoltaica. El 5 d'abril es va aprovar un nou reial decret, que s'explica en el punt 2.1.1 d'aquest treball.

Com el decret és relativament nou, les distribuïdores no ofereixen ofertes de compensació simple, tot i que les distribuïdores de mercat laboral com ara Endesa estan obligades a aplicar aquestes compensacions. En el cas de que no tinguin cap oferta al preu mig del kWh en el mercat elèctric. El preu de mercat varia cada dia i es pot consultar al portal electrònic ESIOS oficial de la “Red Eléctrica de España”, el preu oscil·la entre els 47 i els 56MWh, amb el que es tindrà en compte per a futurs càlculs un valor de els 50€ el MWh.

Per a la nostra instal·lació tindrem amb Endesa un contracte de compensació simple, on pagarem el mateix preu que a la tarifa “Tempo elecció plana”, que és de 0,110838 €/kWh, i els excedents que injectem a la xarxa ens restaran del total de la factura a final de més al preu mig que hagi tingut l'energia en el mercat durant el període de facturació, que com hem dit abans oscil·larà sobre els 0,05 €/kWh.

4. RESULTATS

4.1. TASQUES

Per a dur a terme la instal·lació dissenyada calen un seguit de tasques que es veuen reflectides en la fulla d'amidaments i pressupostos. El pressupost consta de tres capítols els quals trobem explicats a continuació.

1. OBRA CIVIL.

És necessari dur a terme les següents obres.

1.1. RASA.

Per a poder accedir al punt d'unió entre la instal·lació elèctrica de l'empresa i la companyia distribuïdora caldrà obrir una rasa de 15 metres per on col·locarem els conductors de la línia L2.

1.1.1. EXCAVACIÓ.

Excavació d'una rasa de fins a 2m d'altura i fins a dos metres de profunditat, en terreny compacte, amb pala d'excavadora i càrrega mecànica del material excavat.

1.1.2. REOMPLIMENT

Reompliment i compactació d'una rasa de fins a 2m d'altura i fins a dos metres de profunditat, amb el 50% de sorra i el 50% de terra de la pròpia excavació, en tongades d'espessor fins a 25 cm, amb compactació del 95% PM.

1.2. TANCAMENT

És realitzarà un tancament de formigó per a més seguretat dels vianants, ja que dins hi haurà el quadre de distribució i el comptador d'energia generada.

1.3. COVERT PER ALS INVERSORS.

S'instal·larà una teulada per cobrir els inversors del contacte directe del sol i d'altres elements.

2. INSTAL·LACIÓ DE BAIXA TENSIO.

2.1. QUADRE DE DISTRIBUCIÓ

El quadre de distribució utilitzarà el materials esmenats en el punt "3.3.3. QUADRE DE DISTRIBUCIÓ" i incorporarà les proteccions calculades, compreses en el següent punt.

2.2. PROTECCIONS.

Interruptors de protecció diferencial i automàtics.

2.3. CABLEJAT.

Cablejat de distribució de potència i connectors de seguretat.

3. INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA.

3.1. ESTRUCTURES.

Compren el muntat de les estructures que subjectaran els mòduls.

3.2. MÒDULS.

Acoblament dels mòduls fotovoltaics sobre les estructures ja muntades.

3.3. CABLEJAT I PROTECCIONS.

Cablejat necessari per a connectar els mòduls segons els plànols, i proteccions necessàries per a la protecció de la instal·lació.

3.4. CONNECTORS.

Connectors necessaris per a dur a terme la instal·lació segons els plànols.

3.5. INVERSORS.

Muntat dels inversors

3.6. POSADA EN MARXA.

Proves prèvies i posada en marxa de la instal·lació.

A continuació trobem un diagrama de Gantt que organitza les tasques a dur a terme durant els 21 dies previstos que durarà al completar la instal·lació, tenint en compte que els diumenges no es treballa, i sense contemplar cap dia festiu durant l'execució.

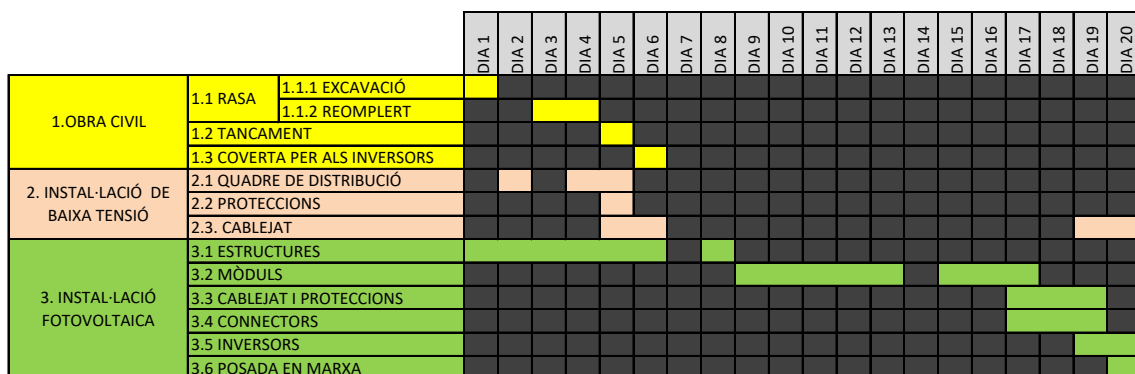


Figura 33. Diagrama de Gantt.

4.2. COST TÈCNIC DE REDACCIÓ DEL PROJECTE.

En la taula que trobem a continuació es citen les hores dedicades a les diferents tasques realitzades per a l'elaboració d'aquest treball, i valorada a un preu de 10 € cada hora, que és el que jo personalment considero just.

ACTIVITAT	DURACIÓ [Hores]	Preu hora [€]	Preu total [€]
Project Charter	7	10	70
Recerca d'informació	49	10	490
Recerca de materials	42	10	420
Període d'aprenentatge sobre els diferents softwares	27	10	270
Assajos amb software	20	10	200
Estudi de normatives	17	10	170
Càlculs de les instal·lacions	37	10	370
Elaboració de documents.	92	10	920
TOTAL			2910

Taula 32. Honoraris personals.

4.3. DESGLOSSAMENT DEL PRESSUPOST D'EXECUCIÓ

CAP. 1 OBRA CIVIL									
Ref	U.O.	DESCRIPCIÓ	nº unitats iguals	amplada	llargada	alçada	total amidat	preu unitari	Import total
1.1. RASA									
1.1.1		EXCAVACIÓ Excavació d'una rasa de fins a 2m d'altura i fins a dos metres de profunditat, en terreny compacte, amb pala d'excavadora i càrrega mecànica del material excavat.							
	m3			1,5	15	2	45	8,70	391,50
1.1.2		REOMPLERT Reompliment i compactació d'una rasa de fins a 2m d'altura i fins a dos metres de profunditat, amb el 50% de sorra i el 50% de terra de la pròpia excavació, en tongades d'espessor fins a 25 cm, amb compactació del 95% PM.							
	m3			1,5	15	2	45	27,78	1250,10
1.2. TANCAMENT									
1.2.1	m2	Paret de tancament d'una cara vista de 15 cm de gruix de bloc foradat de morter i ciment de 400x150x200 mm, segons norma UNE-EN 77-3, col·locat amb morter mixt 1:2:10 de ciment pòrtland amb filtre calcari		1	2		2	30,28	60,55
1.2.2	Kg	Acer en barres corrugades B500S de límit elàstic >=500 N/mm2					5	1,18	5,91
1.2.3	m3	Formigó Ha-25/P/20/I de consistència plàstica i grandària màxima de granulat 20 mm, col·locat manualment.					0,6	113,31	67,99
1.2.4	m2	Placa amb planxa d'acer i membrana de PVC, amb aïllament de poliisocianurat (PIR) amb prestacions al foc millorades amb un gruix total de 30 mm, amb la cara exterior nervada de 40 mm de gruix amb acabat galvanitzat i prelacat i sistema de fixació oculta amb tapajunts, per a cobertes		1	2		2	11,21	22,42
1.2.5	Ud	Oficial 1a muntador					8	25,32	202,56
1.2.6	Ud	Ajudant muntador					8	21,75	174
1.3. COVERTA PER ALS INVERSORS									
1.3.1	Ud	Oficial 1a muntador					8	25,32	202,56
1.3.2	Ud	Ajudant muntador					8	21,75	174
1.3.3	Ud	Cargol autoroscant d'acer inoxidable					8	0,81	6,48
1.3.4	m2	Placa amb planxa d'acer i membrana de PVC, amb aïllament de poliisocianurat (PIR) amb prestacions al foc millorades amb un gruix total de 30 mm, amb la cara exterior nervada de 40 mm de gruix amb acabat galvanitzat i prelacat i sistema de fixació oculta amb tapajunts, per a cobertes		1	2		2	11,21	22,42
TOTAL OBRA CIVIL									2580,49

Taula 33. Pressupost d'execució material. Capítol 1.

CAP. 2 INSTAL·LACIÓ DE BAIXA TENSIO									
Ref	U.O.	DESCRIPCIÓ	Proveïdor	PVP	Preu sense IVA	Descompte aplicat	Unitats totals	Preu unitari	Import total
2.1. QUADRE DE DISTRIBUCIÓ									
2.1.1	Ud	Armari G IP30 - ample 600mm- 27 mòduls- alt 1530 mm	Schneider	820,53	648,22	30,00	1	453,75	453,75
2.1.2	Ud	Porta plena G IP30 - ample 600mm- 27 mòduls- alt 1530 mm	Schneider	381,05	301,03	30,00	1	210,72	210,72
2.1.3	Ud	Joc de barres aïllades Powerclip 400A - 4 pols - llargada 1000 mm	Schneider	666,50	526,54	30,00	1	368,57	368,57
2.1.4	Ud	Bloc prefabricat per a muntatge horitzontal del NSX400 al Powerclip	Schneider	180,61	142,68	30,00	1	99,88	99,88
2.1.5	Ud	Bloc prefabricat per a muntatge horitzontal del NSX160 al Powerclip	Schneider	143,06	113,02	30,00	2	79,11	158,22
2.1.6	Ud	Carril modular	Schneider	23,31	18,41	30,00	1	12,89	12,89
2.1.7	Ud	Placa suport per a muntatge horitzontal NSX630 fixe.	Schneider	68,29	53,95	30,00	1	37,76	37,76
2.1.8	Ud	Placa suport per a muntatge horitzontal NSX250 fixe.	Schneider	52,21	41,25	30,00	2	28,87	57,74
2.1.9	Ud	Comptador d'autoconsum homologat Endesa < 15kW.	Albasolar	320,00	252,80	0,00	1	252,80	252,80
2.1.9	Ud	Oficial 1a electricista			25,32	0,00	12	25,32	303,84
2.1.10	Ud	Ajudant electricista			21,72	0,00	12	21,72	260,64
2.2. PROTECCIÓNS									
2.2.1	Ud	Interruptor Automàtic Compact NSX400N Micrologic 2.2 - 3P	Schneider	3573,66	2823,19	30,00	1	1976,23	1976,23
2.2.2	Ud	Interruptor Automàtic Compact NSX160N Micrologic 2.2 - 3P	Schneider	1232,86	973,96	30,00	2	681,77	1363,54
2.2.3	Ud	Interruptor Diferencial Vigi C120 - 4P - 30mA - Classe A si	Schneider	923,86	729,85	30,00	2	510,89	1021,79
2.2.4	Ud	Oficial 1a electricista			25,32	0,00	4	25,32	101,28
2.2.5	Ud	Ajudant electricista			21,72	0,00	4	21,72	86,88
2.3. CABLEJAT									
2.3.1	m	Cable Protodur NYY (0,6/1kV) amb designació RV-K. Secció 195mm2+Neutre	Elektra	189,04	149,34	10,00	20	134,41	2688,12
2.3.2	m	Cable Protodur NYY (0,6/1kV) amb designació RV-K. Secció 3x70mm2+Neutre	Elektra	76,68	60,58	10,00	50	54,52	2726,05
2.3.3	m	Cable de protecció. Especificacions H07V-K. 95mm2 Verd-Groc.	Elektra	23,56	18,61	10,00	20	16,75	335,02
2.3.4	m	Cable de protecció. Especificacions H07V-K. 70mm2 Verd-Groc	Elektra	7,35	5,81	10,00	50	5,23	261,29
2.3.5	Ud	Oficial 1a electricista			25,32	0,00	5	25,32	126,60
2.3.6	Ud	Ajudant electricista			21,72	0,00	5	21,72	108,60
TOTAL INSTAL·LACIÓ DE BAIXA TENSIO									13012,24

Taula 34. Pressupost d'execució material. Capítol 2.

CAP. 3 INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA									
Ref	U.O.	DESCRIPCIÓ	Proveïdor	PVP	Preu sense IVA	Descompte aplicat	Unitats totals	Preu unitari	Import total
3.1. ESTRUCTURES									
3.1.1	Ud	Estructura en triangle per a mòduls en vertical (19 mòduls)	Albasolar	1076,00	850,04	40,00	16	510,02	8160,38
3.1.2	Ud	Oficial 1a muntador			25,32	0,00	96	25,32	2430,72
3.1.3	Ud	Ajudant muntador			21,72	0,00	96	21,72	2085,12
3.1.4	Ud	Grua especial per pujar el material a la teulada.	Gruas J Marín		75,00		3	75,00	225,00
3.2. MÒDULS									
3.2.1	Ud	Mòdul Fotovoltaic Peimar SG330P	Albasolar	191,00	150,89	40,00	7	90,53	633,74
3.2.2	Ud	(Palet) Mòdul Fotovoltaic Peimar SG330P	Albasolar	176,00	139,04	40,00	297	83,42	24776,93
3.2.3	Ud	Oficial 1a electricista			25,32	0,00	128	25,32	3240,96
3.2.4	Ud	Ajudant electricista			21,72	0,00	128	21,72	2780,16
3.2.5	Ud	Grua especial per pujar el material a la teulada.	Gruas J Marín		75		4	75,00	300,00
3.4. CABLEJAT I PROTECCIONS									
3.4.1	Ud	Cable solar TOP SOLARPV H1Z2Z2-K. 6 mm2. Negre. (100 metres).	Albasolar	145,00	114,55	40,00	10	68,73	687,30
3.4.2	Ud	Cable solar TOP SOLARPV H1Z2Z2-K. 6 mm2. Vermell. (100 metres).	Albasolar	145,00	114,55	40,00	9	68,73	618,57
3.4.3	Ud	Cable de protecció. Especificacions H07V-K. 6mm2 Verd-Groc (100 metres)	Elektra	76,50	60,44	10,00	6	54,39	326,35
3.4.4	Ud	Fusible aèri integrat en MC4. 15A. 1000V.	Albasolar	18,00	14,22	40,00	16	8,53	136,51
3.4.5	Ud	Oficial 1a electricista			25,32	0,00	10	25,32	253,20
3.4.6	Ud	Ajudant electricista			21,72	0,00	10	21,72	217,20
3.5. CONNECTORS									
3.5.1	Ud	Terminal mascle MC4. De 1,5 a 6mm 2 (10 unitats).	Albasolar	1,65	1,3035	0,00	10	1,3035	13,035
3.5.2	Ud	Terminal Femella MC4. De 1,5 a 6mm 2 (10 unitats).	Albasolar	1,65	1,3035	0,00	16	1,3035	20,86
3.5.3	Ud	Connector T MC4. Reductor de 2 mascles a 1 femella	Albasolar	9,88	25,32	0,00	10	25,32	253,2
3.5.4	Ud	Connector T MC4. Reductor de 2 femelles a 1 mascle.	Albasolar	9,88	21,72	0,00	10	21,72	217,2
3.5.5	Ud	Oficial 1a electricista			25,32	0,00	5	25,32	126,60
3.5.6	Ud	Ajudant electricista			21,72	0,00	5	21,72	108,60
3.3. INVERSORS									
3.3.1	Ud	Inversor SMA STP 50-40	Albasolar	7792,00	6155,68	40,00	2	3693,41	7386,82
3.3.2	Ud	Oficial 1a electricista			25,32	0,00	8	25,32	202,56
3.3.3	Ud	Ajudant electricista			21,72	0,00	8	21,72	173,76
3.6. POSADA EN MARXA									
3.6.1	Ud	Proves de funcionament					2		
3.6.2	Ud	Posada en marxa					2		
3.6.3	Ud	Retirada de restes del muntatge					1		
3.6.4	Ud	Oficial 1a electricista			25,32	0,00	5	25,32	126,60
3.6.5	Ud	Ajudant electricista			21,72	0,00	5	21,72	108,60
TOTAL INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA									55609,97

Taula 35. Pressupost d'execució material. Capítol 3.

4.4. PRESSUPOSTOS.

Ref.	CAPÍTOL	IMPORT TOTAL	% TOTAL
1	OBRA CIVIL	2580,49	3,62%
2	INSTAL·LACIÓ DE BAIXA TENSIO	13012,24	18,27%
3	INSTAL·LACIÓ FOTOVOLTAICA	55609,97	78,10%
TOTAL PRESSUPOST D'EXECUCIÓ MATERIAL		71202,70	100,00%

Taula 36. Pressupost d'execució material.

PRESSUPOST D'EXECUCIÓ MATERIAL	71202,70
DESPESES AUXILIARS	7120,270
COST DE REDACCIÓ DEL PROJECTE	2910,00
TOTAL	81232,97
IVA (21%)	17058,923
TOTAL PRESSUPOST EXECUCIÓ PER CONTRACTACIÓ	98291,89

Taula 37. Pressupost per execució de contractació.

PRESSUPOST EXECUCIÓ PER CONTRACTACIÓ	98291,89
PERMISOS I LLICÈNCIES	3500
TOTAL PRESSUPOST CONEIXEMENT DE PROPIETAT	101791,89

Taula 38. Pressupost coneixement de propietat.

4.5. RENDIMENT ECONÒMIC

Per a calcular el rendiment econòmic de la instal·lació s'utilitzaran les dades anuals de producció obtingudes mitjançant simulacions amb el software SAM, ja que aquest donava unes previsions més pessimistes que PVsyst. Podem extreure en kWh la estimació d'energia produïda anual dels 25 primers anys de la instal·lació.

Es suposarà que es consumirà el 90% de la energia produïda, i tindrem en compte com a excedents el 10% restant.

La instal·lació no generarà benefici econòmic, però suposarà un estalvi sobre les factures elèctriques. Es tindran en compte els preus estipulats en el apartat "3.4. CONTRACTE DE COMPENSACIÓ D'EXCEDENTS." d'aquest treball, on el preu de l'energia consumida és de 0,110838 €/kWh i el preu dels excedents injectats a la xarxa de 0,05 €/kWh.

4.5.1. FINANÇAMENT.

Es finançarà el 100% del cost de la instal·lació, es tindrà en compte un tipus d'interès del 5.9% durant 8 anys, en els quals es pagarà una quota mensual. La quota d'amortització serà de 1332,73€ i n'hi haurà un total de 96.

A continuació podem veure un resum dels interessos anuals i els imports d'amortització de cada any.

PRINCIPAL	101791,1		INTERÈS	AMORTITZACIÓ
TIPUS D'INTERÈS	5,9%	ANY 1	5731,132	10261,63
ANYS	8	ANY 2	5109,053	10883,70
		ANY 3	4449,262	11543,50
PERIODES	96	ANY 4	3749,474	12243,28
QUOTA	1332,73	ANY 5	3007,262	12985,49
		ANY 6	2220,057	13772,70
		ANY 7	1385,130	14607,63
		ANY 8	499,588	15493,17

Taula 39. Resum del pressupost de finançament.

En les taules que trobem a continuació el desglossament del pagaments a realitzar durant cada any d'amortització.

PERIODE	DEUTE PENDENT INICIAL	QUOTA	INTERÈS	AMORTITZACIÓ	DEUTE PENDENT FINAL
1	101791,10	1332,73	500,4729	832,26	100958,84
2	100958,84	1332,73	496,3810	836,35	100122,49
3	100122,49	1332,73	492,2689	840,46	99282,03
4	99282,03	1332,73	488,1367	844,59	98437,44
5	98437,44	1332,73	483,9841	848,75	97588,69
6	97588,69	1332,73	479,8111	852,92	96735,78
7	96735,78	1332,73	475,6176	857,11	95878,66
8	95878,66	1332,73	471,4034	861,33	95017,34
9	95017,34	1332,73	467,1686	865,56	94151,78
10	94151,78	1332,73	462,9129	869,82	93281,96
11	93281,96	1332,73	458,6363	874,09	92407,87
12	92407,87	1332,73	454,3387	878,39	91529,47

Taula 40. Desglossament de les quotes del primer any.

PERIODE	DEUTE PENDENT INICIAL	QUOTA	INTERÈS	AMORTITZACIÓ	DEUTE PENDENT FINAL
13	91529,47	1332,73	450,0199	882,71	90646,77
14	90646,77	1332,73	445,6799	887,05	89759,72
15	89759,72	1332,73	441,3186	891,41	88868,30
16	88868,30	1332,73	436,9358	895,79	87972,51
17	87972,51	1332,73	432,5315	900,20	87072,31
18	87072,31	1332,73	428,1055	904,62	86167,69
19	86167,69	1332,73	423,6578	909,07	85258,62
20	85258,62	1332,73	419,1882	913,54	84345,07
21	84345,07	1332,73	414,6966	918,03	83427,04
22	83427,04	1332,73	410,1830	922,55	82504,49
23	82504,49	1332,73	405,6471	927,08	81577,41
24	81577,41	1332,73	401,0889	931,64	80645,77

Taula 41. Desglossament de les quotes del segon any.

PERIODE	DEUTE PENDENT INICIAL	QUOTA	INTERÈS	AMORTITZACIÓ	DEUTE PENDENT FINAL
25	80645,77	1332,73	396,5084	936,22	79709,55
26	79709,55	1332,73	391,9053	940,82	78768,72
27	78768,72	1332,73	387,2796	945,45	77823,27
28	77823,27	1332,73	382,6311	950,10	76873,18
29	76873,18	1332,73	377,9598	954,77	75918,41
30	75918,41	1332,73	373,2655	959,46	74958,94
31	74958,94	1332,73	368,5481	964,18	73994,76
32	73994,76	1332,73	363,8076	968,92	73025,84
33	73025,84	1332,73	359,0437	973,69	72052,15
34	72052,15	1332,73	354,2564	978,47	71073,68
35	71073,68	1332,73	349,4456	983,28	70090,39
36	70090,39	1332,73	344,6111	988,12	69102,28

Taula 42 Desglossament de les quotes del tercer any.

PERIODE	DEUTE PENDENT INICIAL	QUOTA	INTERÈS	AMORTITZACIÓ	DEUTE PENDENT FINAL
37	69102,28	1332,73	339,7529	992,98	68109,30
38	68109,30	1332,73	334,8707	997,86	67111,44
39	67111,44	1332,73	329,9646	1002,77	66108,67
40	66108,67	1332,73	325,0343	1007,70	65100,98
41	65100,98	1332,73	320,0798	1012,65	64088,33
42	64088,33	1332,73	315,1010	1017,63	63070,70
43	63070,70	1332,73	310,0976	1022,63	62048,07
44	62048,07	1332,73	305,0697	1027,66	61020,41
45	61020,41	1332,73	300,0170	1032,71	59987,70
46	59987,70	1332,73	294,9395	1037,79	58949,90
47	58949,90	1332,73	289,8370	1042,89	57907,01
48	57907,01	1332,73	284,7095	1048,02	56858,99

Taula 43. Desglossament de les quotes del quart any.

PERIODE	DEUTE PENDENT INICIAL	QUOTA	INTERÈS	AMORTITZACIÓ	DEUTE PENDENT FINAL
49	56858,99	1332,73	279,5567	1053,17	55805,82
50	55805,82	1332,73	274,3786	1058,35	54747,47
51	54747,47	1332,73	269,1750	1063,55	53683,91
52	53683,91	1332,73	263,9459	1068,78	52615,13
53	52615,13	1332,73	258,6911	1074,04	51541,09
54	51541,09	1332,73	253,4104	1079,32	50461,77
55	50461,77	1332,73	248,1037	1084,63	49377,14
56	49377,14	1332,73	242,7710	1089,96	48287,19
57	48287,19	1332,73	237,4120	1095,32	47191,87
58	47191,87	1332,73	232,0267	1100,70	46091,17
59	46091,17	1332,73	226,6149	1106,11	44985,05
60	44985,05	1332,73	221,1765	1111,55	43873,50

Taula 44. Desglossament de les quotes del cinquè any.

PERIODE	DEUTE PENDENT INICIAL	QUOTA	INTERÈS	AMORTITZACIÓ	DEUTE PENDENT FINAL
61	43873,50	1332,73	215,7114	1117,02	42756,48
62	42756,48	1332,73	210,2194	1122,51	41633,97
63	41633,97	1332,73	204,7003	1128,03	40505,94
64	40505,94	1332,73	199,1542	1133,58	39372,36
65	39372,36	1332,73	193,5808	1139,15	38233,21
66	38233,21	1332,73	187,9800	1144,75	37088,46
67	37088,46	1332,73	182,3516	1150,38	35938,09
68	35938,09	1332,73	176,6956	1156,03	34782,05
69	34782,05	1332,73	171,0118	1161,72	33620,33
70	33620,33	1332,73	165,3000	1167,43	32452,90
71	32452,90	1332,73	159,5601	1173,17	31279,73
72	31279,73	1332,73	153,7920	1178,94	30100,80

Taula 45. Desglossament de les quotes del sisè any.

PERIODE	DEUTE PENDENT INICIAL	QUOTA	INTERÈS	AMORTITZACIÓ	DEUTE PENDENT FINAL
73	30100,80	1332,73	147,9956	1184,73	28916,06
74	28916,06	1332,73	142,1706	1190,56	27725,50
75	27725,50	1332,73	136,3171	1196,41	26529,09
76	26529,09	1332,73	130,4347	1202,30	25326,80
77	25326,80	1332,73	124,5234	1208,21	24118,59
78	24118,59	1332,73	118,5831	1214,15	22904,44
79	22904,44	1332,73	112,6135	1220,12	21684,33
80	21684,33	1332,73	106,6146	1226,12	20458,21
81	20458,21	1332,73	100,5862	1232,14	19226,07
82	19226,07	1332,73	94,5282	1238,20	17987,87
83	17987,87	1332,73	88,4403	1244,29	16743,58
84	16743,58	1332,73	82,3226	1250,41	15493,17

Taula 46. Desglossament de les quotes del setè any.

PERIODE	DEUTE PENDENT INICIAL	QUOTA	INTERÈS	AMORTITZACIÓ	DEUTE PENDENT FINAL
85	15493,17	1332,73	76,1747	1256,56	14236,61
86	14236,61	1332,73	69,9967	1262,73	12973,88
87	12973,88	1332,73	63,7882	1268,94	11704,94
88	11704,94	1332,73	57,5493	1275,18	10429,76
89	10429,76	1332,73	51,2797	1281,45	9148,31
90	9148,31	1332,73	44,9792	1287,75	7860,56
91	7860,56	1332,73	38,6477	1294,08	6566,48
92	6566,48	1332,73	32,2852	1300,44	5266,03
93	5266,03	1332,73	25,8913	1306,84	3959,19
94	3959,19	1332,73	19,4660	1313,26	2645,93
95	2645,93	1332,73	13,0092	1319,72	1326,21
96	1326,21	1332,73	6,5205	1326,21	0,00

Taula 47. Desglossament de les quotes del vuitè any.

4.5.2. FLUX ECONÒMIC.

Tenint en compte els costos d'amortització financera podem finalitzar el flux econòmic que suposarà per al client dur a terme la instal·lació .

Any	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Energia produïda [kWh]	161166	160360	159558	158761	157967	157177	156391	155609	154831	154057
Producció consumida (90%) [kWh]	145049,4	144324	143602,2	142884,9	142170,3	141459,3	140751,9	140048,1	139347,9	138651,3
Excedents (10%)[kWh]	16116,6	16036	15955,8	15876,1	15796,7	15717,7	15639,1	15560,9	15483,1	15405,7
Estalvi anual [€]	16076,99	15996,58	15916,58	15837,08	15757,87	15679,07	15600,66	15522,65	15445,04	15367,83
Deute	101791,89	91530,26	80646,56	69103,07	56859,78	43874,29	30101,59	15493,96	0,00	
Interès anual	5731,13	5109,05	4449,26	3749,47	3007,26	2220,06	1385,13	499,59		
Amortització anual	10261,63	10883,70	11543,50	12243,28	12985,49	13772,70	14607,63	15493,96		
Pagaments anuals	15992,76	15992,76	15992,76	15992,76	15992,76	15992,76	15992,76	15493,17		
Estalvi anual	84,23	3,83	-76,18	-155,68	-234,89	-313,69	-392,10	29,48	15445,04	15367,83
Estalvi acumulat	84,23	88,05	11,88	-143,80	-378,69	-692,38	-1084,48	-1055,00	14390,05	29757,88

Taula 48. Flux econòmic.

4.6. CONCLUSIONS.

Analitzant el flux econòmic podem afirmar que per al client no suposa una despesa significativa el cost d'amortització de la instal·lació, ja que suposarà un increment màxim de 392,10 € anuals sobre el consum anual durant el vuitè any, el més negatiu.

Un cop amortitzada la instal·lació aquesta suposarà un estalvi anual mitja de 15000€.

La inversió inicial que estava disposat el client era de 200.000 € i el pressupost final de la nostra instal·lació és de 101.791,89 €.

El Client ens demanava amortitzar la instal·lació en un màxim de 10 anys, i no només s'amortitzarà en 8, sinó que estalviarem un total de 29757,88 € sobre l'import de les factures elèctriques d'aquest període. De manera que a 10 anys obtindrem una rendibilitat del 129% sobre el valor de la inversió inicial.

5. BIOGRAFIA

[1] Apunts de l'assignatura "Instal·lacions Elèctriques de Baixa Tensió". Professor: Juan Martinez Magaña.

[2] Apunts de l'assignatura "Disseny de Sistemes Eòlics i Solars". Professor: Ricard Horta Bernus.

[3] Apunts de l'assignatura "Metodologia i Orientació de Projectes". Professor: Xavier Albareda Soteras.

[4] Instrucciones de funcionamiento SUNNY TRIPOWER CORE1 (STP 50-40)
Versión 1.3. SMA Solar Technology AG

[5] Guía de tramitación del autoconsumo (Versión preliminar). Departamento Solar del IDAE y Grupo de Trabajo de autoconsumo de ENERAGEN

[6] Tarifa PVP. Albasolar.

[7] Ficha Técnica PEIMAR SG330P ES_VERS 1_08/2018. Peimar.

[8] Catalogo Envolvertes y Sistemas de Instalación Prisma Plus 2010. Schneider Electric.

[9] Catalog Compact NSX & NSXm circuit breakers and switch-disconnectors from 16 to 630A - up to 690V. Schneider Electric.

[10] Catálogo Acti-9. Schneider Electric.

6. AGRAIMENTS

No hagués estat possible arribar fins a aquest punt de la carrera sense l'ajut i els continus ànims dels meus pares, Anna i Emili.

No hi ha paraules que puguin agrair suficientment el seu esforç al llarg de tots aquests anys que ha durat la carrera.

M'agradaria agrair al meu tutor Álvaro Luna Alloza per l'orientació que m'ha brindat per a poder realitzar aquest projecte, facilitar-me informació, software e idees sense les quals no hagués estat capaç de dissenyar la instal·lació.

Per últim agrair a Teresa Navarro la seva ajuda a l'hora d'acotar els plànols i calcular els temps d'amortització.

TREBALL DE FINAL DE GRAU
GRAU EN ENGINYERIA ELÈCTRICA

**Estudi d'una instal·lació
d'autoconsum per a un
edifici industrial.**

ANNEXOS A LA MEMÒRIA

Autor: Jordi Ribas Cortés
Director del TFG: Álvaro Luna Alloza
Convocatòria: Juny de 2019



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Escola Superior d'Enginyeries Industrial,
Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa

SUMARI D'ANNEXOS A LA MEMÒRIA

1. Dimensions i vistes de la instal·lació muntada

1.1. Vista aèria en 3D.....82

1.2. Alçat planta i perfil.....83

2. Estructura amb mòdul vertical.....84

3. Esquema unifilar de la instal·lació completa.....85

4. Esquemes de connexió. Instal·lació de C.C

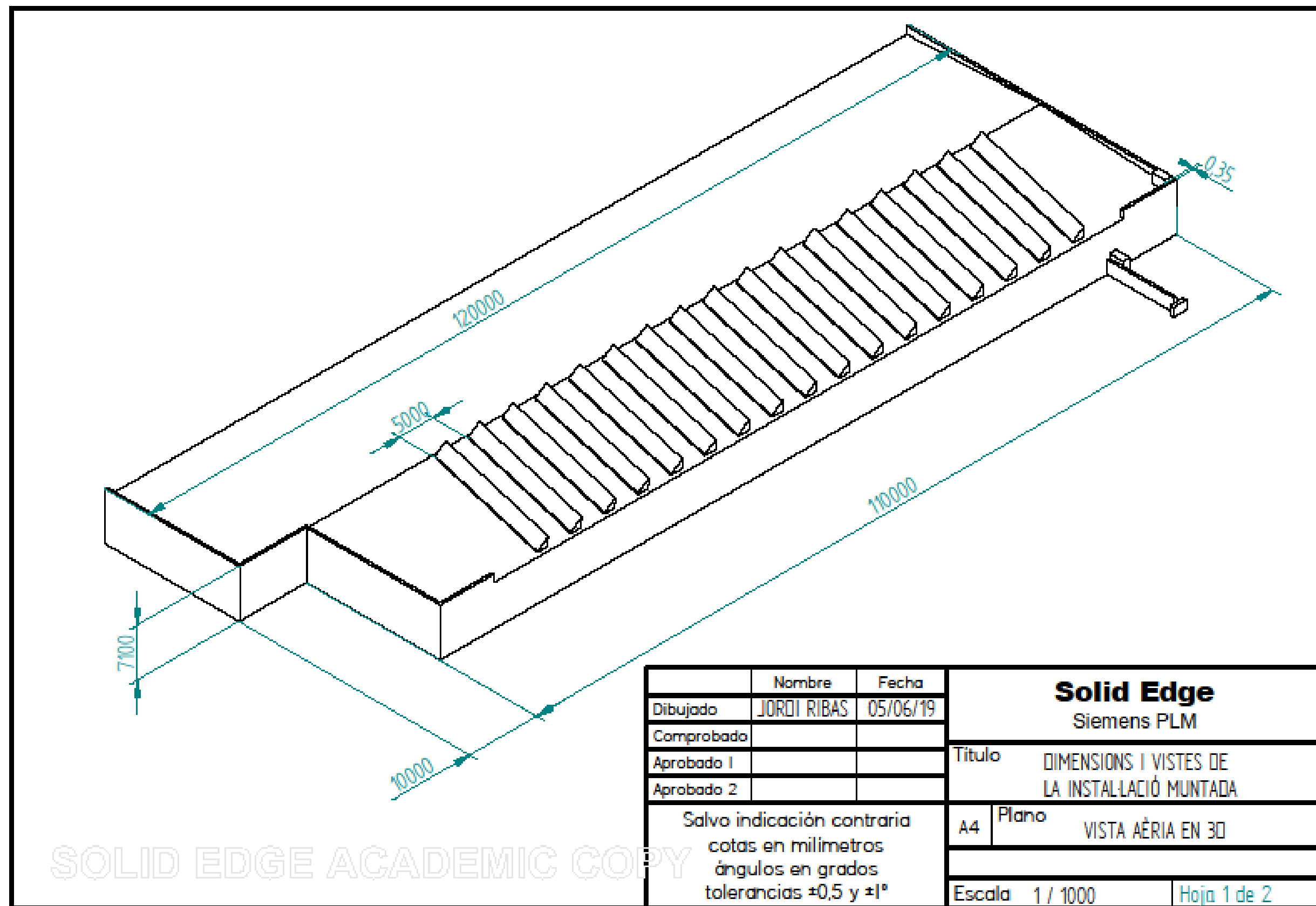
4.1. Esquema multifilar de les connexions a un inversor.86

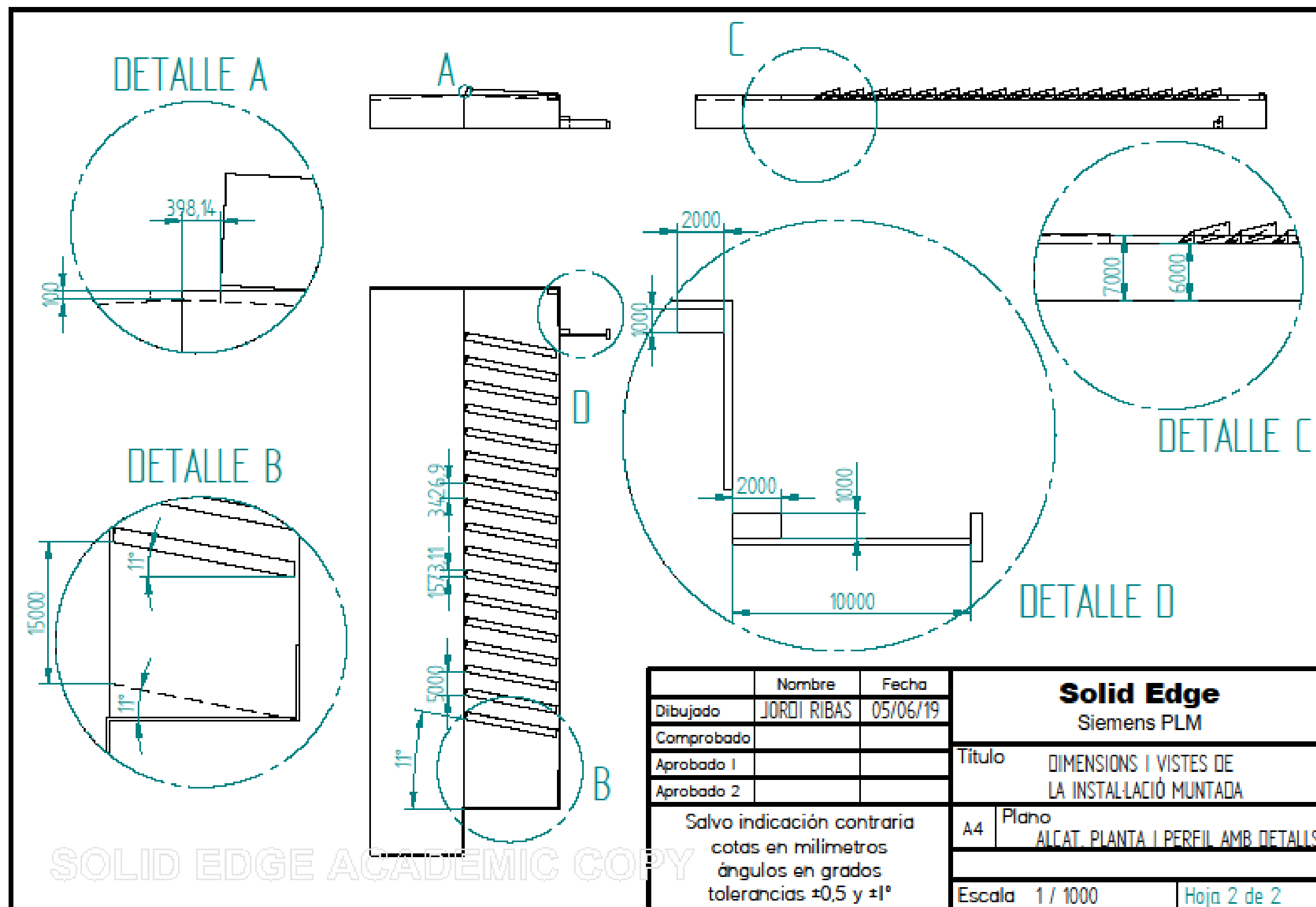
5. Esquemes de connexió. Instal·lació de C.A.

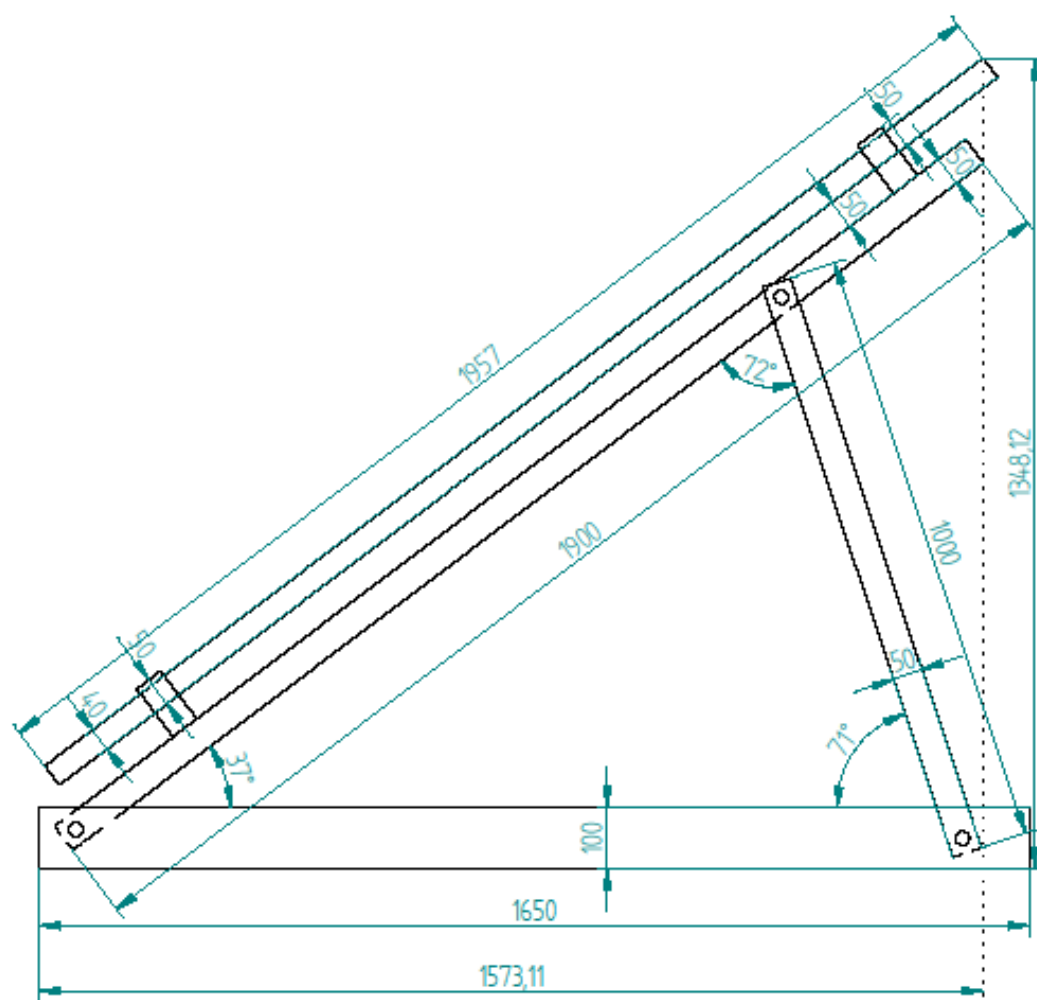
5.1. Esquema unifilar.....87

5.2. Esquema multifilar88

5.3. Esquema de longitud del cablejat.....89



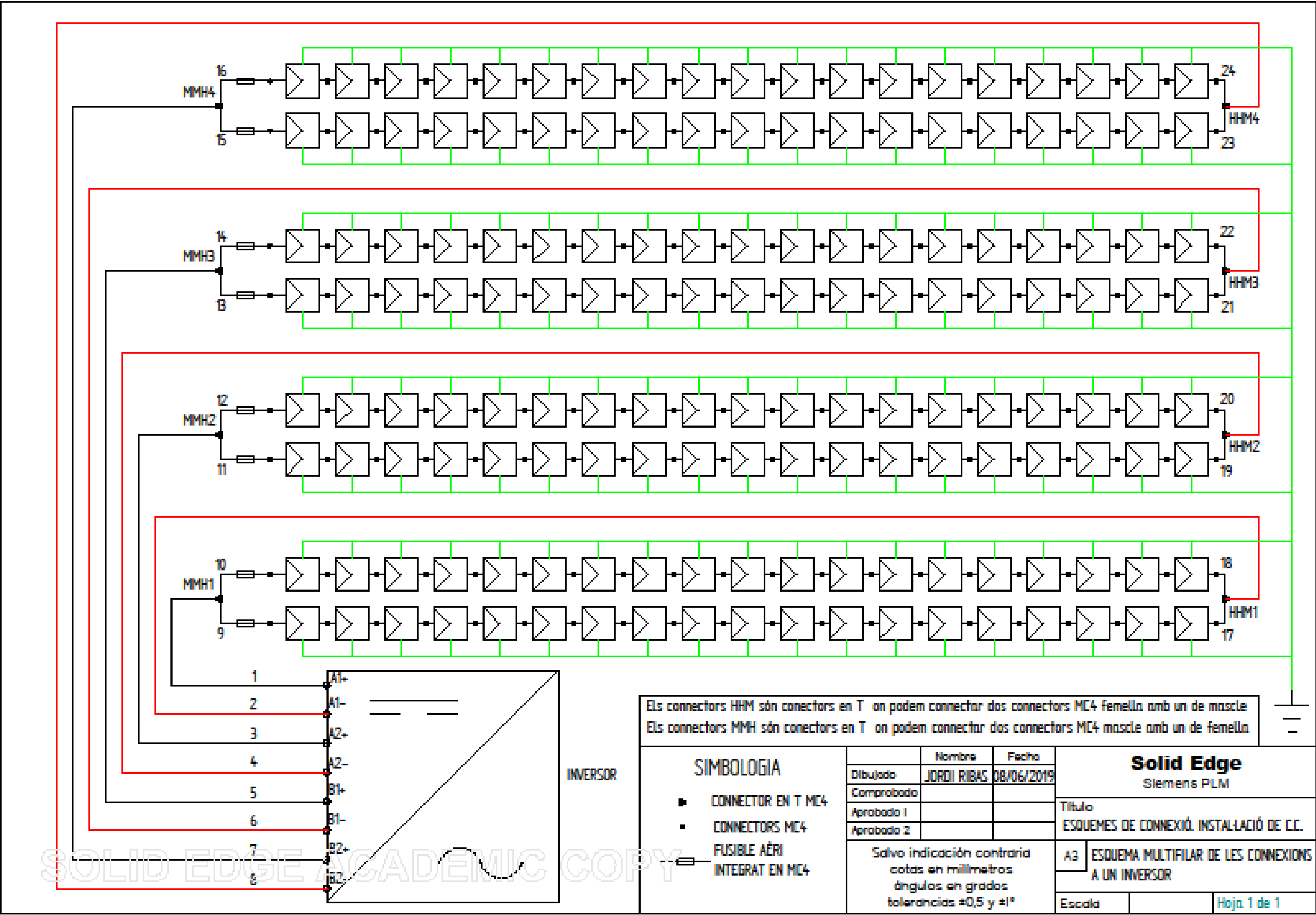


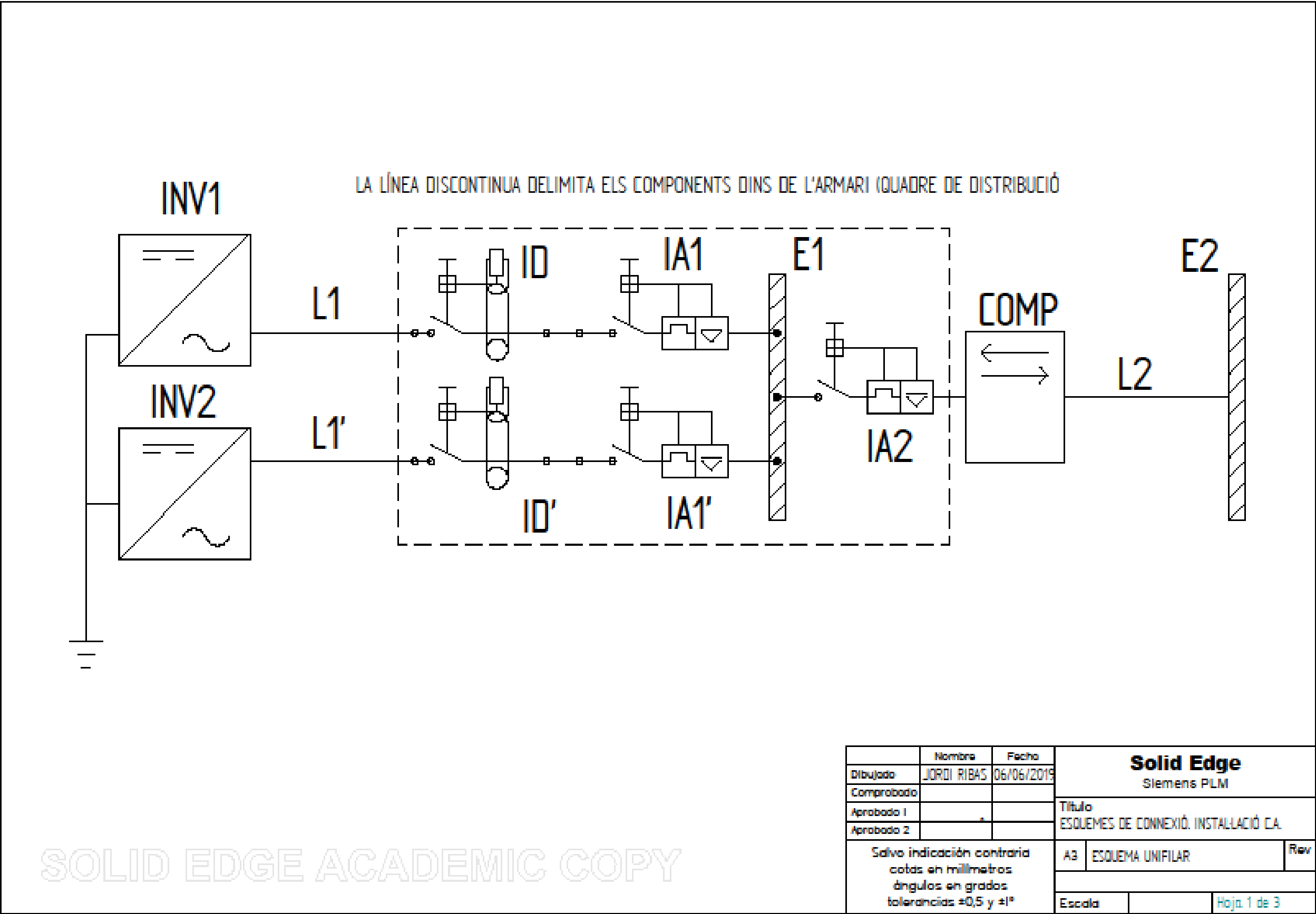


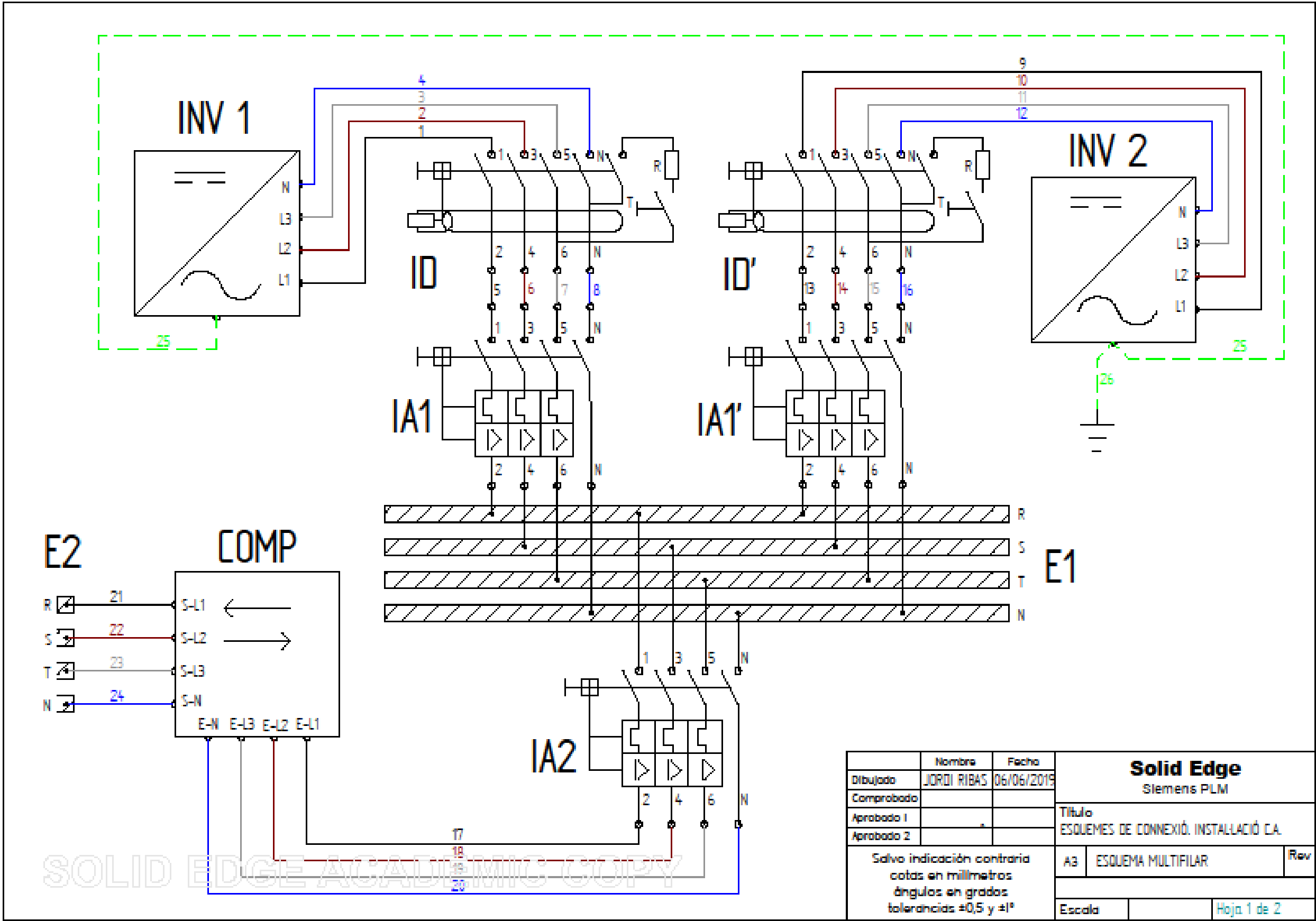
	Nombre	Fecha	Solid Edge	
Dibujado	JORDI RIBAS	05/06/2019	Siemens PLM	
Comprobado			Título	
Aprobado 1			ESTRUCTURA AMB MÒDUL VERTICAL	
Aprobado 2			A4	Plano
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ±0,5 y ±1°			Escala 1 / 10	

SOLID EDGE ACADEMY.COM

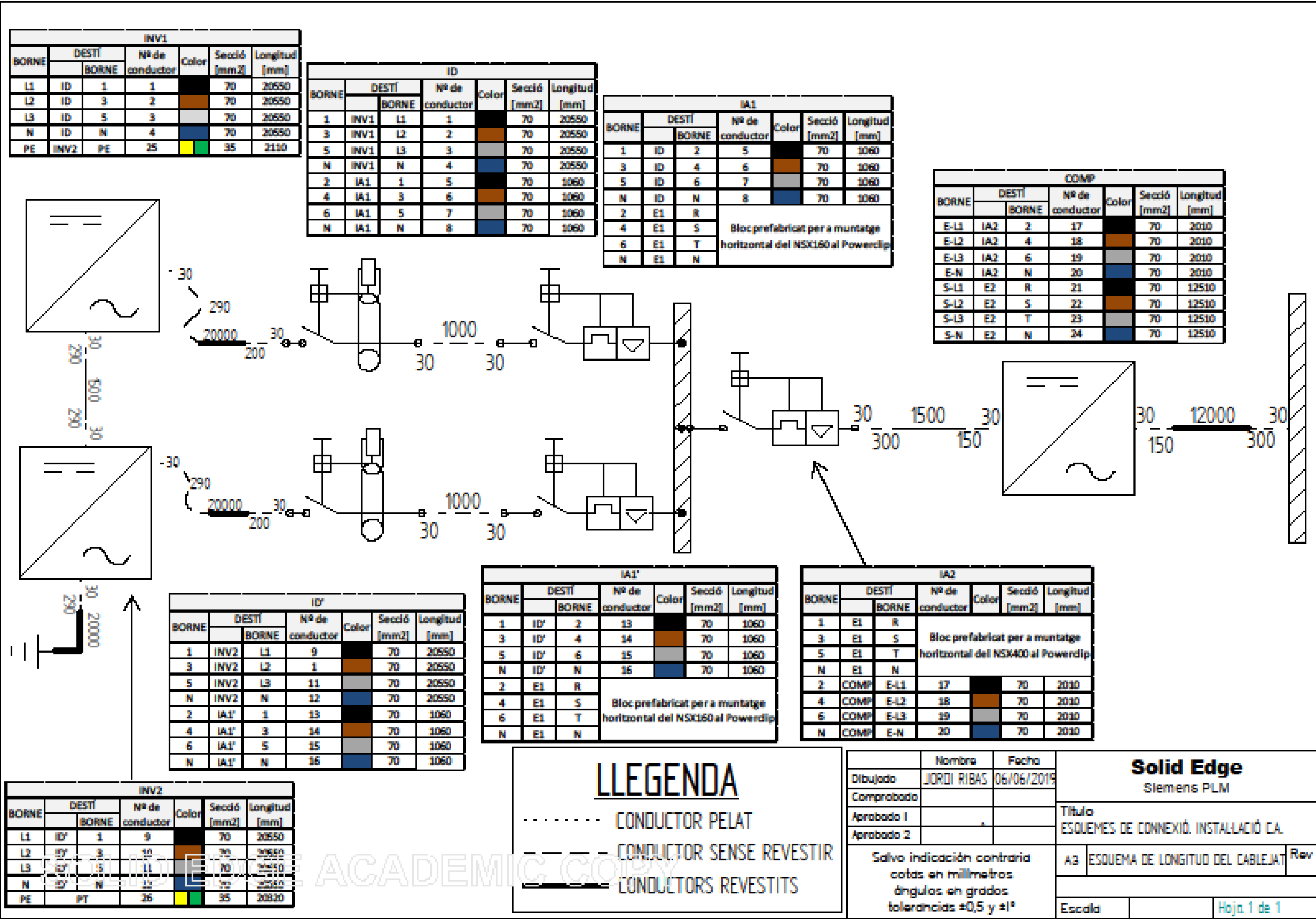








	Nombre	Fecha	Solid Edge	
Dibujado	JORDI RIBAS	06/06/2019	Siemens PLM	
Comprobado			Título	
Aprobado 1			ESQUEMAS DE CONEXIÓ. INSTAL·LACIÓ C.A.	
Aprobado 2				
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ±0,5 y ±1°			A3	ESQUEMA MULTIFILAR
			Escala	Hoja 1 de 2





UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Escola Superior d'Enginyeries Industrial,
Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa